

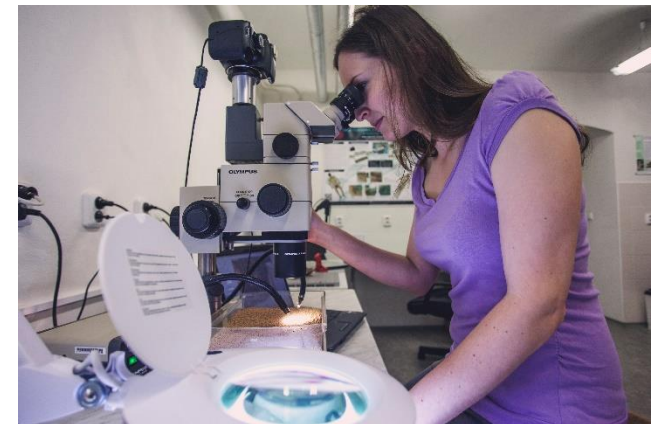
MUNI  
SCI

Obecná antropologie

# Nové trendy v biologické antropologii

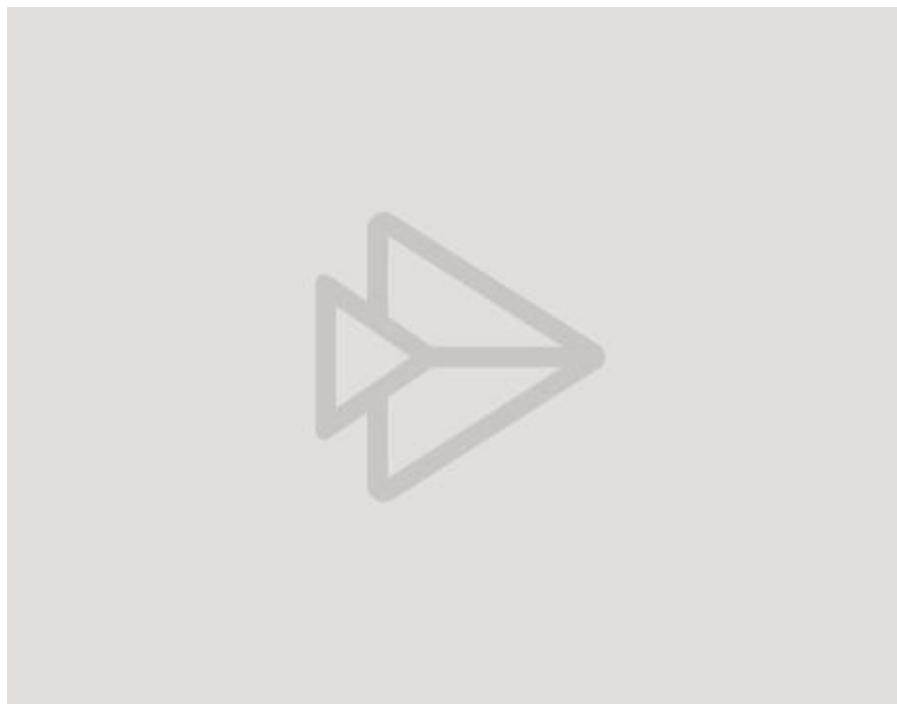
Mgr. Mikoláš Jurda, Ph.D.

- rozvoj záznamových, analytických a interpretačních metod při výzkumu biologických vlastností člověka a jeho materiální kultury
- důraz na **neinvazivní zobrazovací a rekonstrukční** postupy a na aplikaci metod kvantitativní analýzy tvaru. Spadají tak do oblasti, kterou dnes zastřešuje pojem **virtuální antropologie**



# Co to je digitální model?

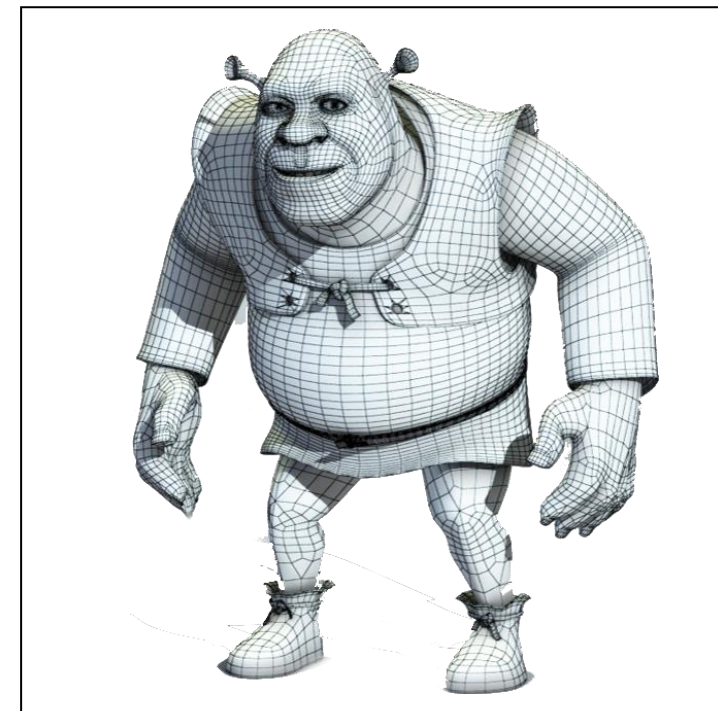
Trojrozměrná reprezentace **skutečného** či uměle vytvořeného tvaru ve formě digitálních dat



**věrný - reálný**



**upravený**



**smyšlený**

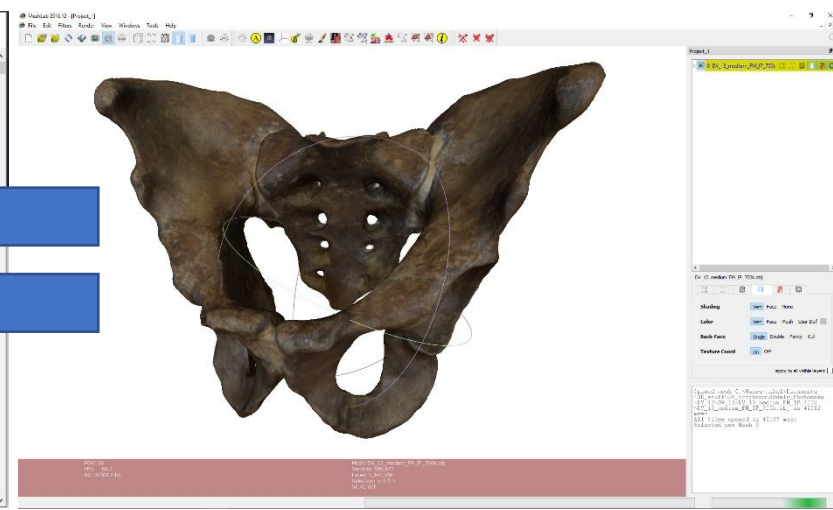


# Co to je digitální model?

Počítačový soubor, případně více vzájemně propojených souborů



```
104_VR_gunshot_fr_Cobj - Poznámkový blok
Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda
#OBJ Generated by CloudCompare (TELECOM PARISTECH/EDF R&D)
v -53.55043030 -7.88446808 -10.42034817
v -53.45549774 -7.96029758 -10.35543156
v -53.61621857 -7.86543465 -10.30234432
v -53.58399208 -7.91969395 -10.11777020
v -53.76817322 -7.76014233 -10.24571896
v -53.44028473 -8.03701687 -10.17420292
v -53.64534760 -7.80853844 -10.48531628
v -53.54069519 -7.82921886 -10.55079688
v -53.39637920 -7.90231323 -10.55146983
v -53.47836304 -7.80124760 -10.71277523
v -53.48233388 -7.86575508 -10.71391392
v -53.48233388 -7.74830627 -10.66688824
v -53.48233388 -7.74421597 -10.78942316
v -53.48233388 -7.72080279 -10.89109135
v -53.48233388 -7.70690346 -10.86722851
v -53.64841461 -7.71383286 -10.81776714
v -53.48233388 -7.78054619 -10.82196522
v -53.48233388 -7.75375652 -10.93005848
v -53.48233388 -7.70777998 -10.99975491
v -53.48233388 -7.65640640 -11.14855099
v -53.48233388 -7.69064117 -11.04255581
v -53.42604828 -7.66059875 -11.10536480
v -53.42488098 -7.66009998 -11.10708714
v -53.18962860 -7.73050880 -11.03877926
v -53.37766266 -7.64140511 -11.17020072
v -53.12716675 -7.75962067 -11.00132004
v -53.11208344 -7.70464611 -11.12267208
v -53.12912750 -7.77578354 -10.96065998
v -53.17776489 -7.81537819 -10.86292171
v -53.13848114 -7.80283165 -10.90495205
v -53.16151428 -7.87116432 -10.75568104
v -53.14929962 -7.83171654 -10.84496403
v -53.18219757 -7.91393757 -10.67592144
```



digitální záznam

obsahující informace o tvaru objektu a dalších vlastnostech

zobrazitelný ve speciálních aplikacích

ve



# Proč 3D digitální data používáme?

práce s digitálními  
modely ve virtuálním  
prostředí

snadné sdílení  
bez ohledu na  
geografickou  
vzdálenost



snadná archivace s ohledem  
na prostorové možnosti,  
hygienické a etické otázky

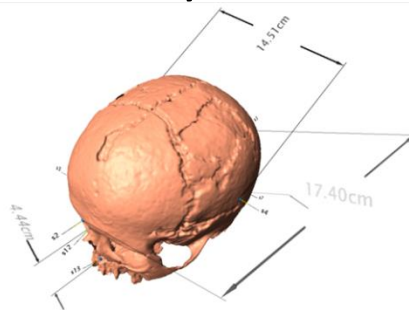


široké vizualizační a  
analytické možnosti

animace a  
náhledy

měření a  
analýzy

3D tisk



VS.

Název	Datum změny	Typ	Velikost
3_Fragments_max	17.03.2017 10:59	Scalpel MAX	10 204 KB
3_Fragments_2017_max	17.03.2017 11:58	Scalpel MAX	10 204 KB
base_du_med_01	25.05.2017 12:38	3D Object	489 KB
base_du_med_01	25.05.2017 10:00	3D Object	489 KB
mandibula_du_med_01	16.05.2017 10:32	3D Object	489 KB
mandibula_du_med_01	16.05.2017 10:32	3D Object	487 KB
maxilla_med_01	16.05.2017 10:32	3D Object	1 432 KB
os lacrimale_du_med_01	26.05.2017 10:00	3D Object	391 KB
os occipitale_med_01	26.05.2017 10:00	3D Object	377 KB
os parietale_du_med_01	26.05.2017 10:00	3D Object	1 154 KB
os parietale_med_01	26.05.2017 10:00	3D Object	377 KB
os parietale_med_01	26.05.2017 10:01	3D Object	245 KB
os parietale_med_01	26.05.2017 10:01	3D Object	242 KB
os parietale_med_01	26.05.2017 10:01	3D Object	489 KB
os temporale_du_med_01	26.05.2017 10:01	3D Object	1 510 KB
os temporale_med_01	26.05.2017 10:01	3D Object	1 312 KB
os zygomaticum_du_med_01	26.05.2017 10:01	3D Object	353 KB
os zygomaticum_med_01	26.05.2017 10:01	3D Object	388 KB
os zygomaticum_med_01	26.05.2017 10:02	3D Object	375 KB
str_2_A.avi	11.06.2017 11:00	Scalpel 300	42 960 KB
str_3_A.avi	28.07.2017 13:51	Scalpel 300	35 382 KB
str_3_A.avi	11.06.2017 10:12	Scalpel 300	39 587 KB



# Záznam zkoumaných objektů

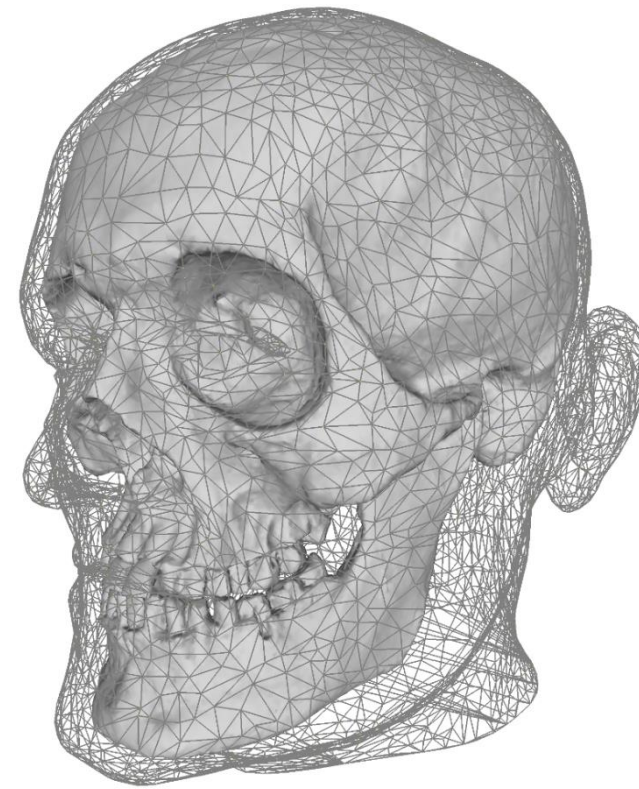
**Neexistuje jediná metoda, vhodná pro všechny typy objektů a zaznamenávající všechny složky jejich podoby!!!**



barevná informace



vnější tvar



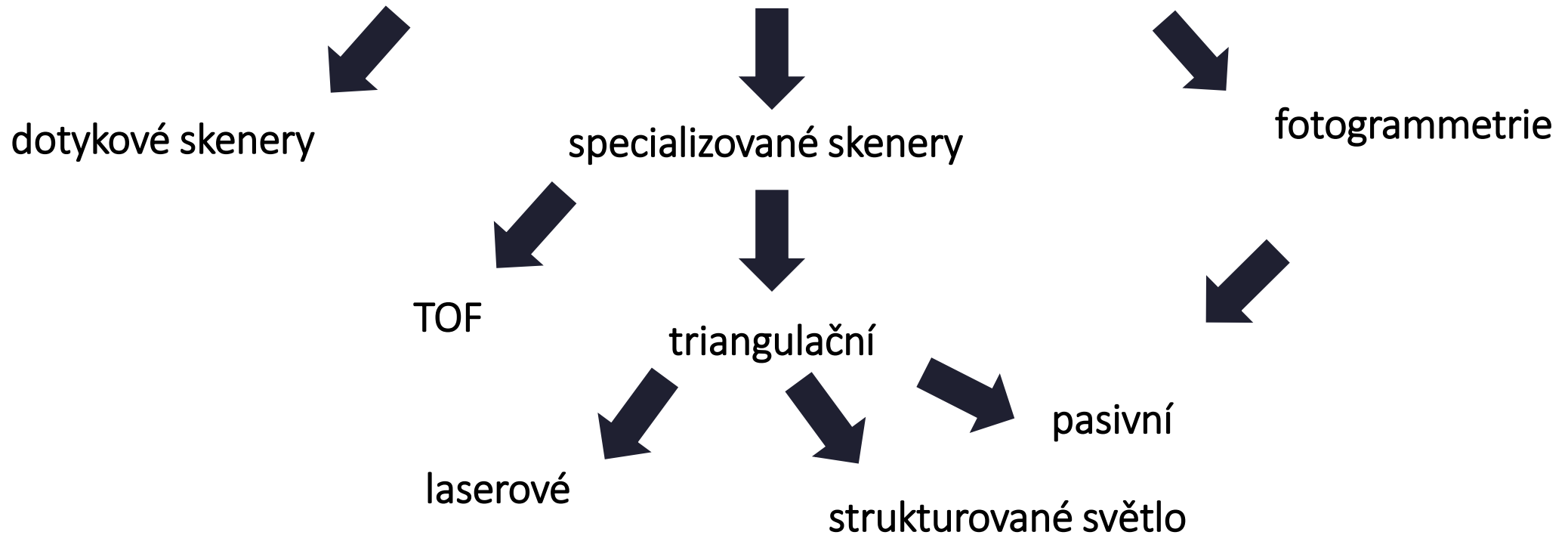
vnitřní struktura

**povrchové skenery a fotogrammetrie**

**objemové snímání (CT a MRI)**

# Povrchové skenování

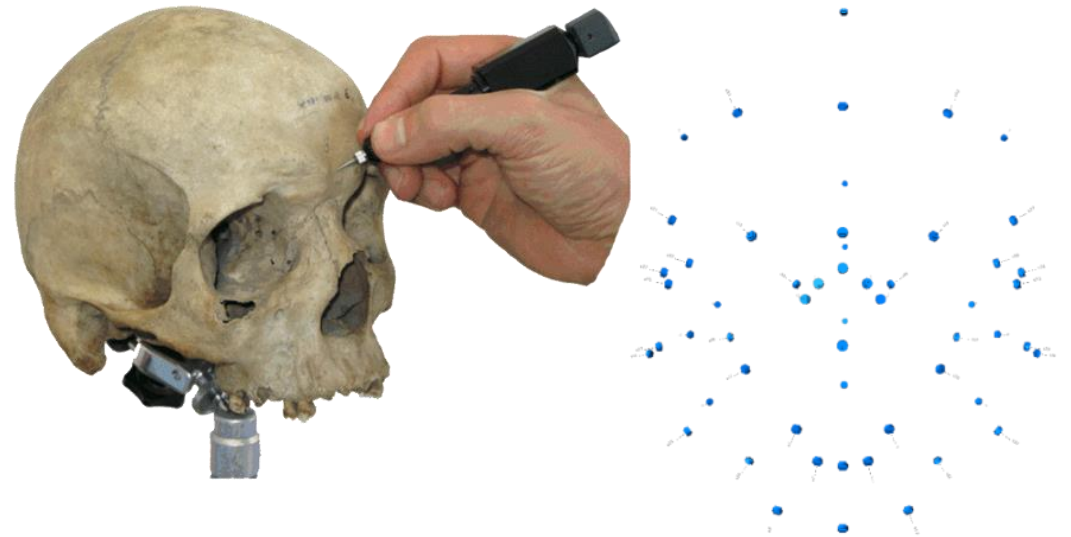
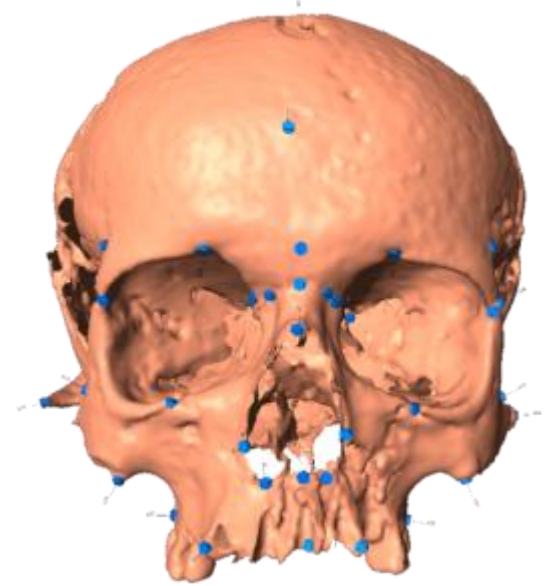
- omezeno na povrch objektů
- primárním výstupem **jsou přímo 3D modely**
- přesnost a rozlišení skenerů jsou dány technickými možnostmi použitých přístrojů - až setiny mm





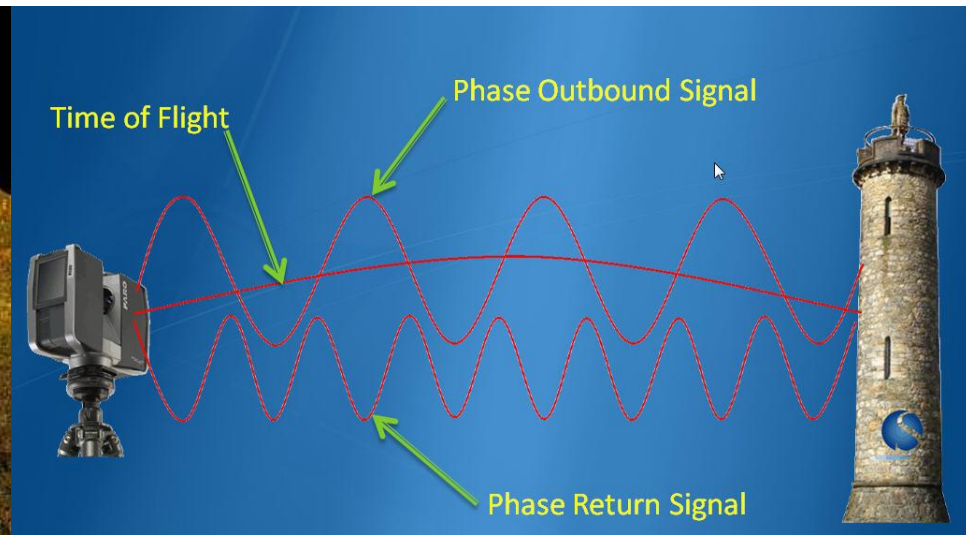
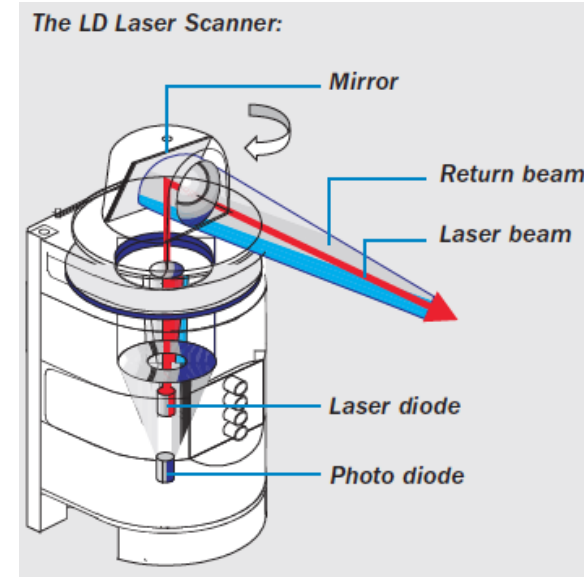
# Povrchové snímání – kontaktní skenery

- efektivní metoda pro záznam prostorové polohy **diskrétních bodů** a **křivek** na principu fyzického kontaktu
- přesný záznam malého objemu dat
- použitelné na všechny pevné materiály
- pro snímání živých osob pomalé



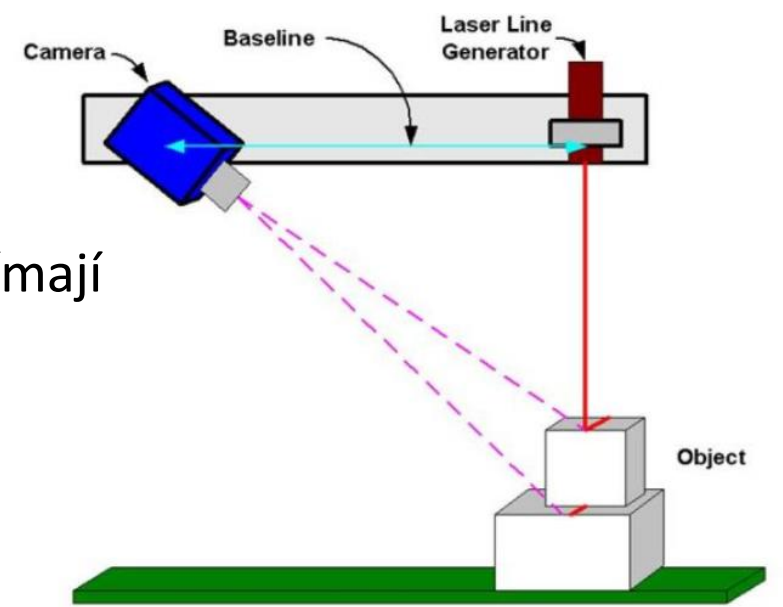
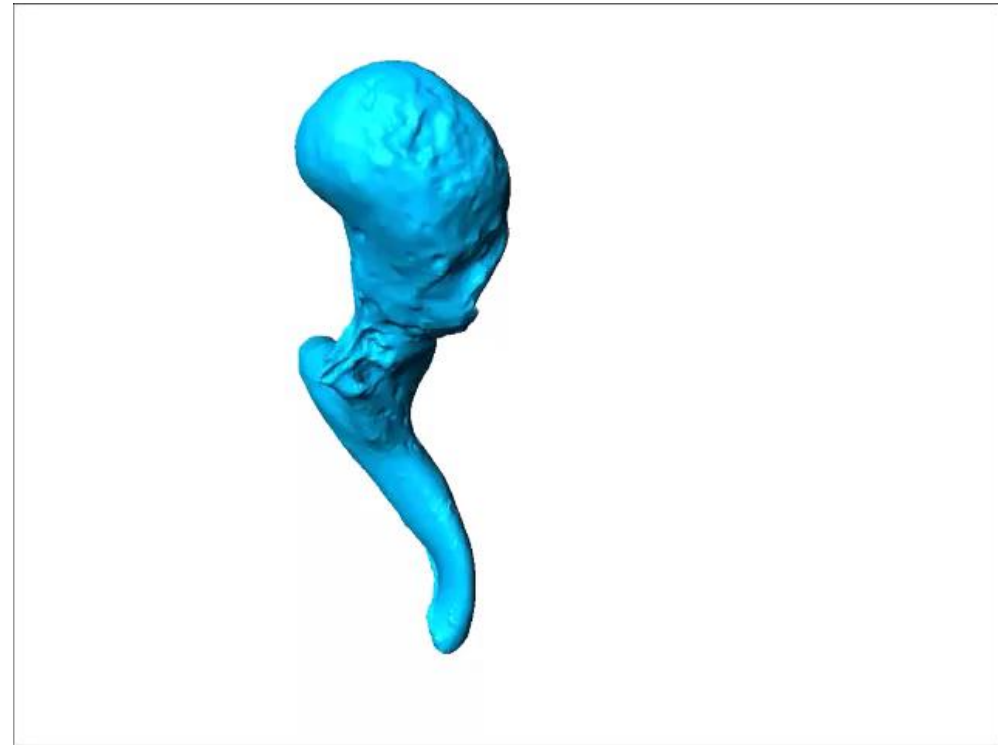
# Povrchové snímání – TOF a fázové skenery

- měří scénu na základě doby letu laserového paprsku od skeneru k cíli nebo změny jeho fáze během této cesty
- používáno pro větší scény (archeologie, památky)
- pro kosterní pozůstatky **nevhodné** – designováno především pro účely mimolaboratorní 3D dokumentace



# Povrchové snímání – aktivní triangulační skenery

- z jednoho bodu promítají **jednu** či **více linií** a z druhého bodu snímají deformaci jejich obrazu na povrchu objektu
- rozlišení až v řádu setin mm
- záznam zpravidla v řádu jednotek či desítek sekund
- v Lamorfě skener NextEngine





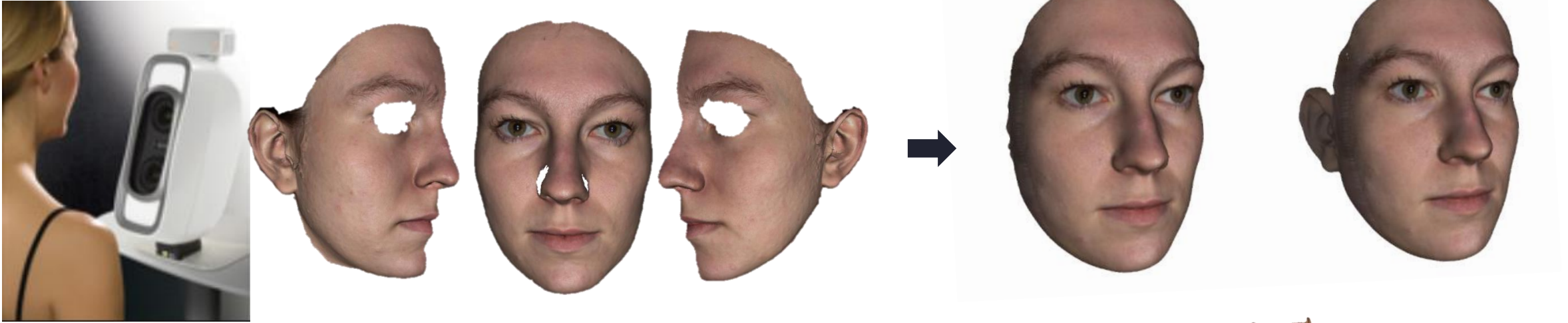
# Snímání živých lidí – pasivní/optické skenery

- triangulují prostorové souřadnice z dvou a více snímků, pořízených synchronizovanými kamerami z různých úhlů
- rozpoznávají specifické prvky na fotografiích, ztotožňují je a z rozdílů v jejich vzájemné pozici na jednotlivých snímcích počítají jejich 3D souřadnice
- velmi rychlé, designováno především na snímání živého člověka



# Povrchové snímání – pasivní/optické skenery

- obličejová verze



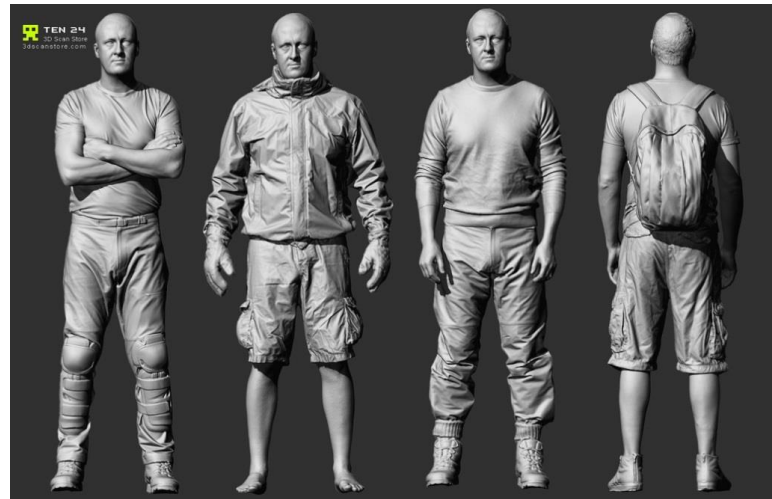
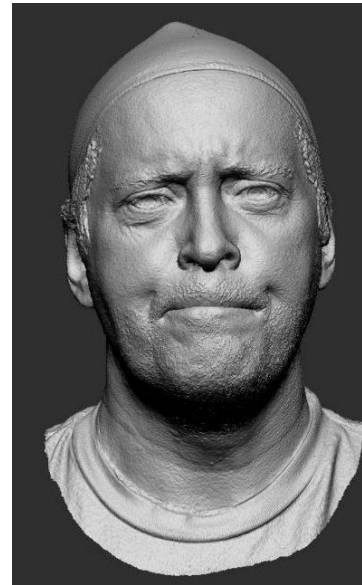
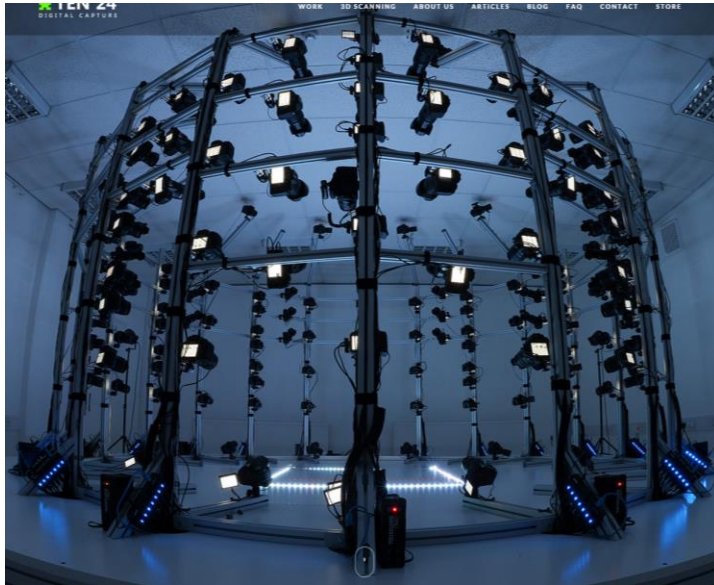
- mobilní verze – Vectra H1





# Povrchové snímání – pasivní/optické skenery

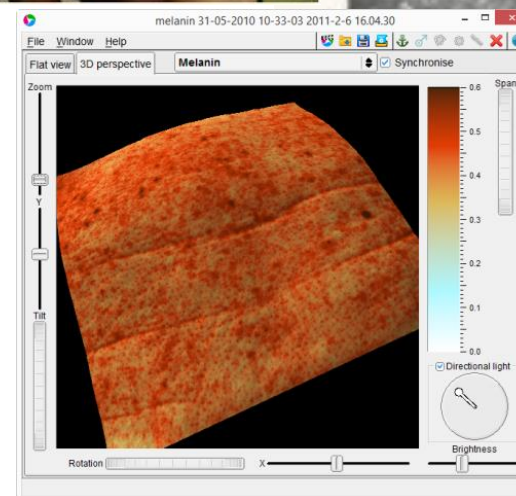
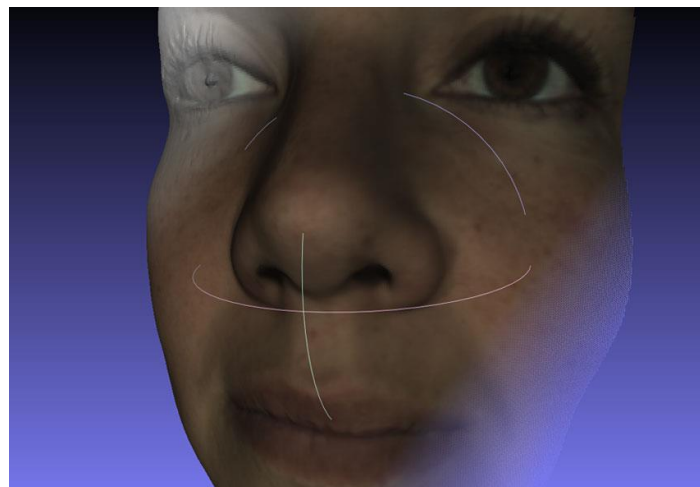
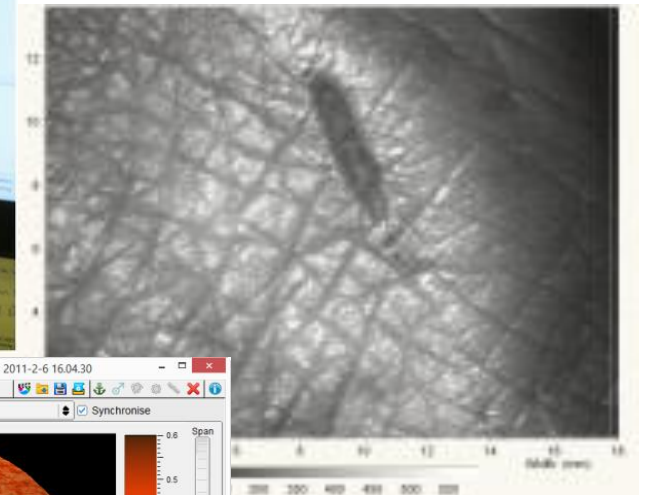
- soustavy synchronizovaných fotoaparátů





# Povrchové snímání – pasivní/optické skenery

- přístroje konstruované pro snímání omezených oblastí povrchu těla

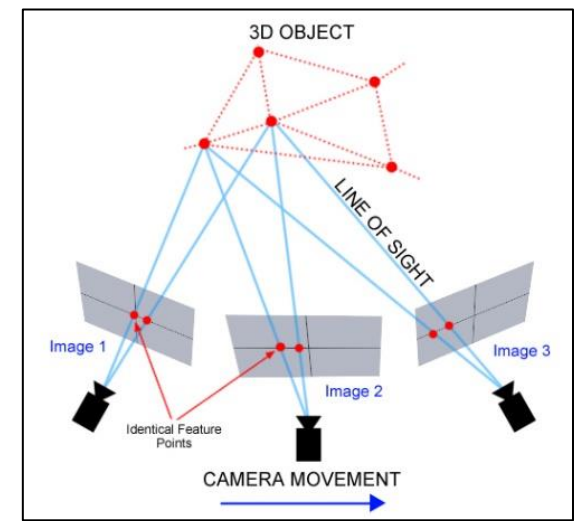


# Povrchové snímání – fotogrammetrie

- generování 3D dat ze série fotografií pořízených fotoaparátem z různých úhlů

## Software

- rozezná stejné prvky na různých fotografiích
- na základě vzájemné polohy bodů na různých snímcích uspořádá fotografie v prostoru
- trianguluje trojrozměrnou podobu zaznamenaného, včetně barevné informace



+ desítky dalších



# Objemové snímání

- metody zaznamenávají rozložení hmoty ve snímaném objemu
- záznam **vnitřní struktury, vnější podoby, ale ne barevnosti**
- **produktem nejsou 3D digitální modely, ale objemový záznam**
- relativně velké a finančně náročné (umístění, personál atd.)

**výpočetní tomografie**



**magnetická rezonance**



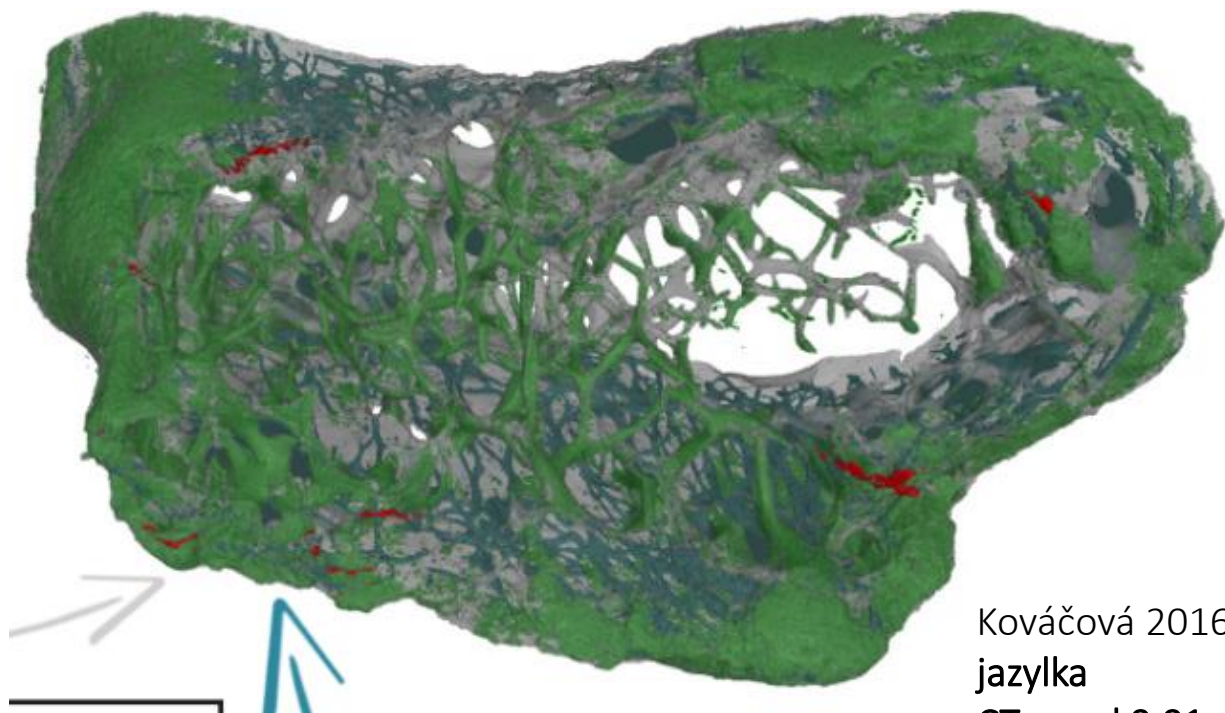
**snímání řezů modelem**



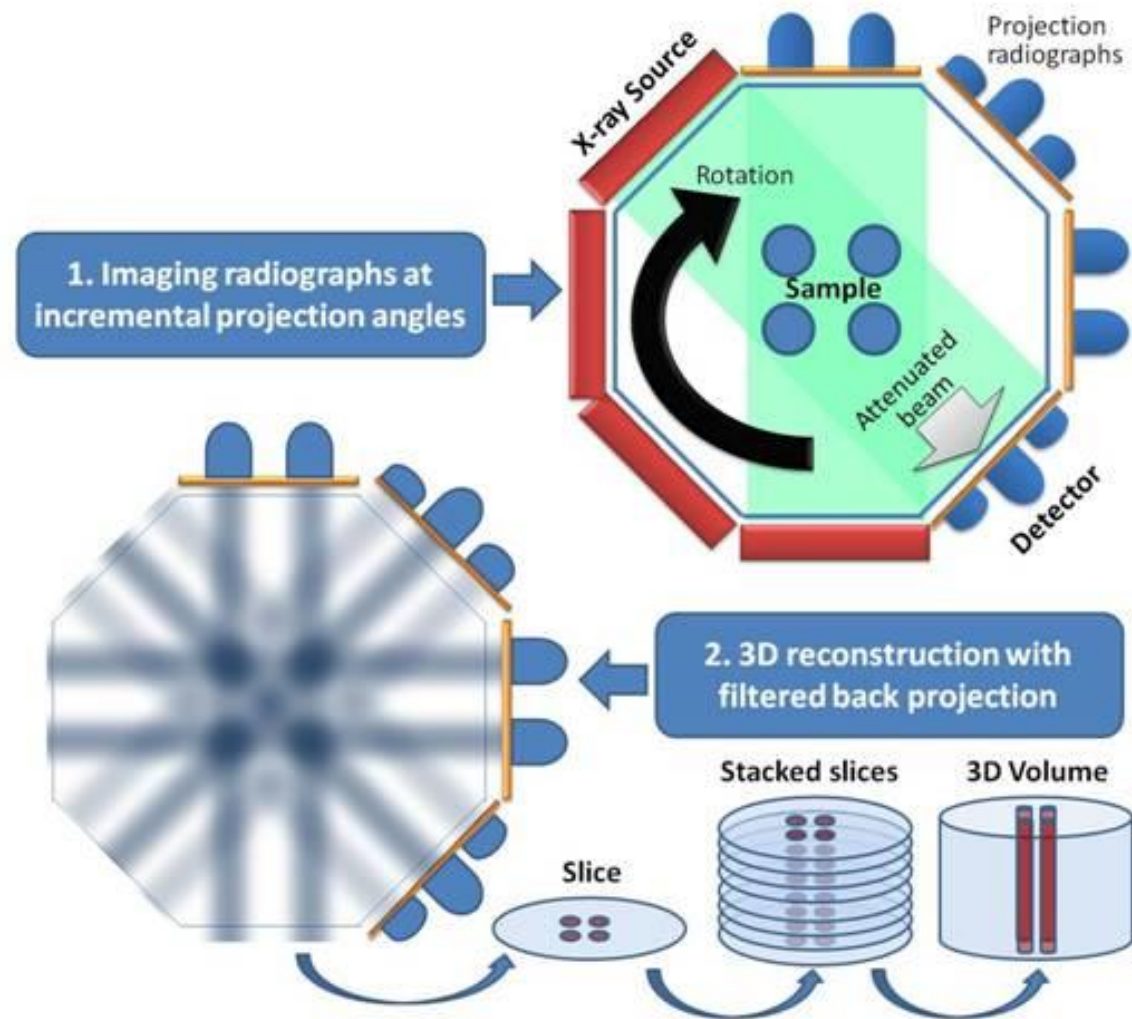


# Objemový záznam - výpočetní tomografie

- měří pracovní pole pomocí rtg paprsků – **ionizující a potenciálně nebezpečné**
- běžné lékařské přístroje rozlišení do ca 0,35 mm, specializované uCT a nanoCT až do desetin mikrometru



Kováčová 2016  
jazyka  
CT, voxel 0,01mm



# Objemový záznam - výpočetní tomografie





# Kosterní antropologie

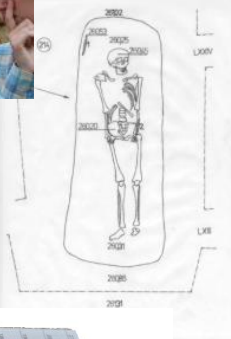
Analýza vývoje, morfologie a funkce kosterní soustavy, její variability a **vztahu mezi morfologií, biologickými vlastnostmi organismu a vnějšími faktory**

- studium biologické variability (růstu, vývoje a funkce) a života minulých populací prostřednictvím kosterního materiálu
- odhad biologických charakteristik původce pozůstatků, identifikace, rekonstrukce příčin a okolností smrti a tafonomické historie pozůstatků (forenzní a historická antropologie)

Dokumentace místa nálezu a vyzvednutí



Očištění (macerace)

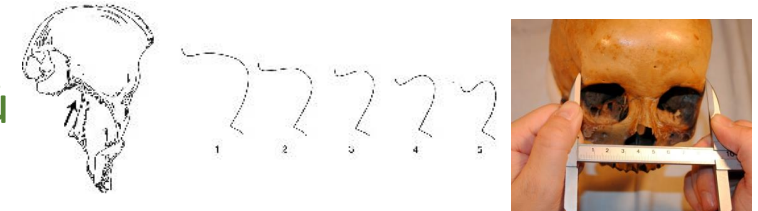


Dokumentace



Analýza

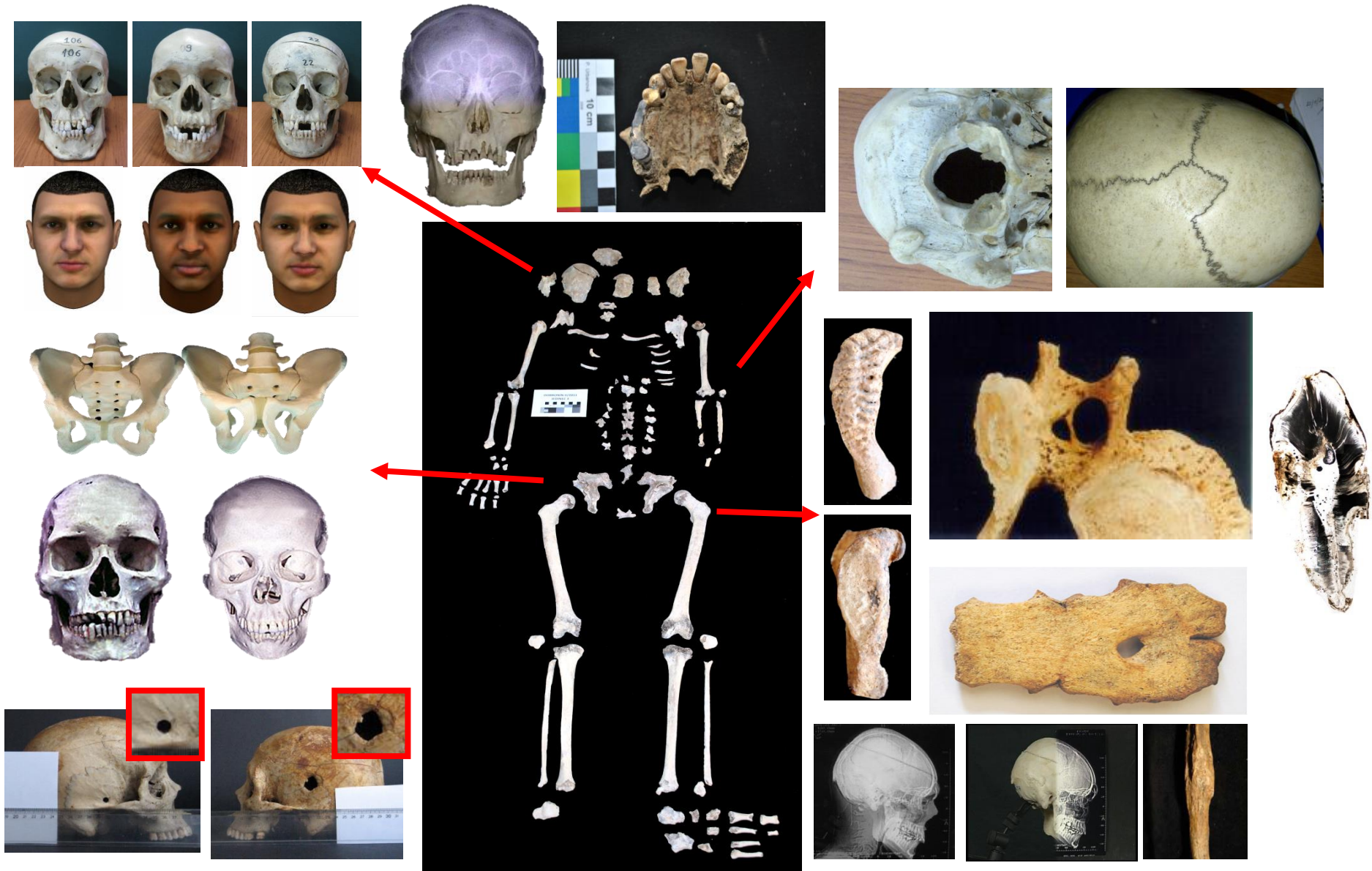
Tvorba výstupů



Uložení (pohřbení, tvorba sbírek, repatriace)



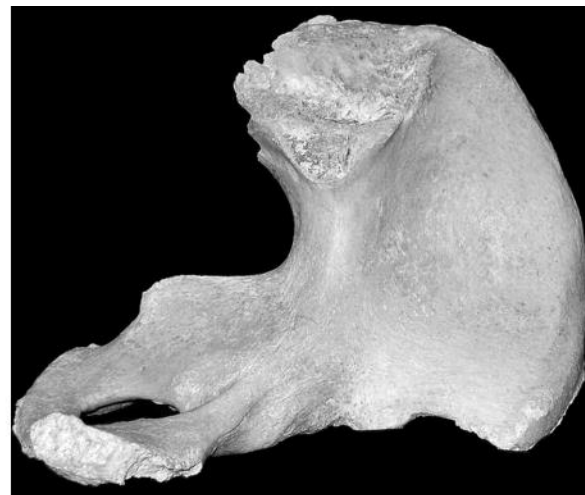
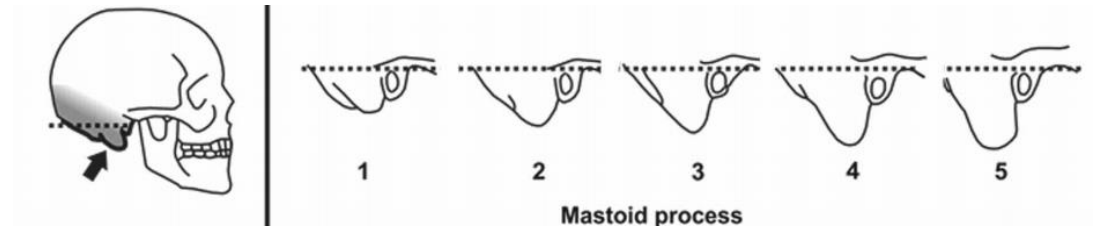
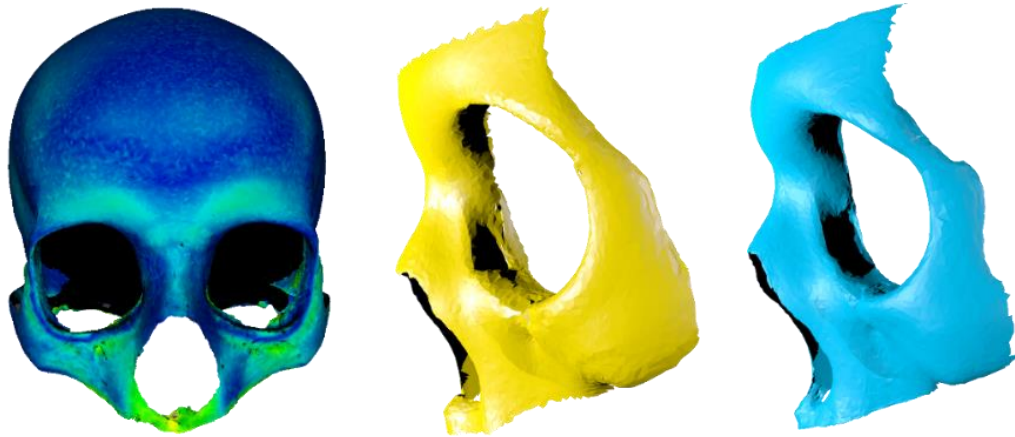
# Kosterní antropologie





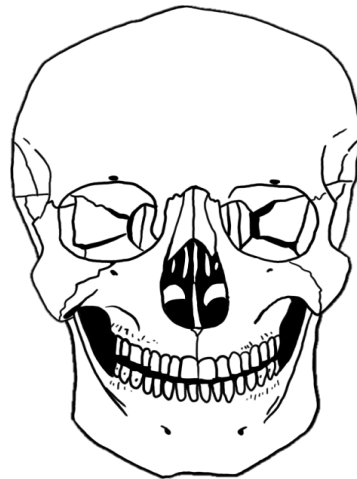
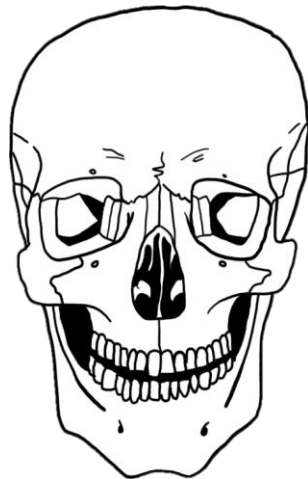
# Kosterní antropologie

## Odhad pohlaví a pohlavní dimorfismus



# Kosterní antropologie

Odhad etnického původu

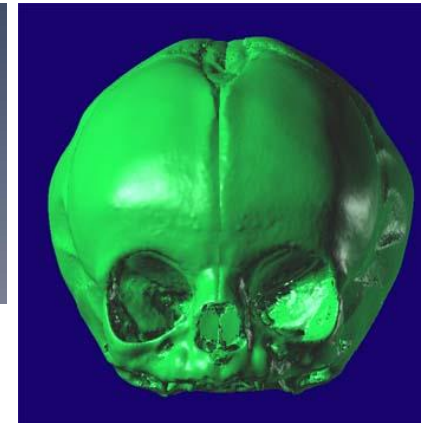
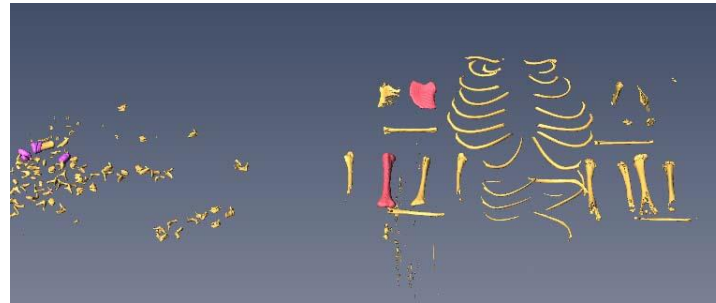
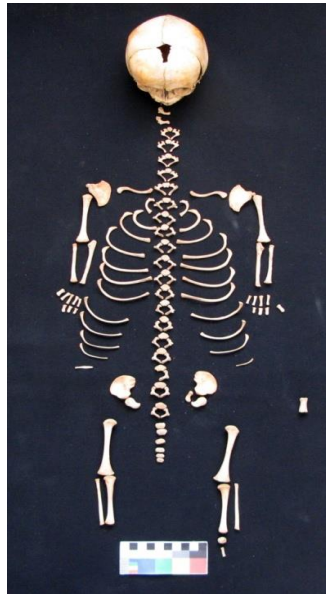
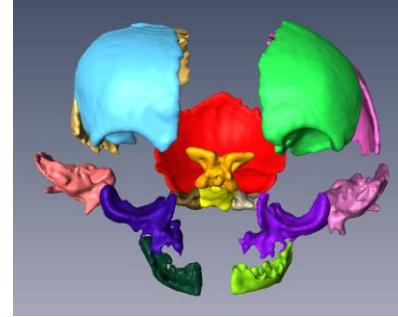


a odhad věku



# Kosterní antropologie

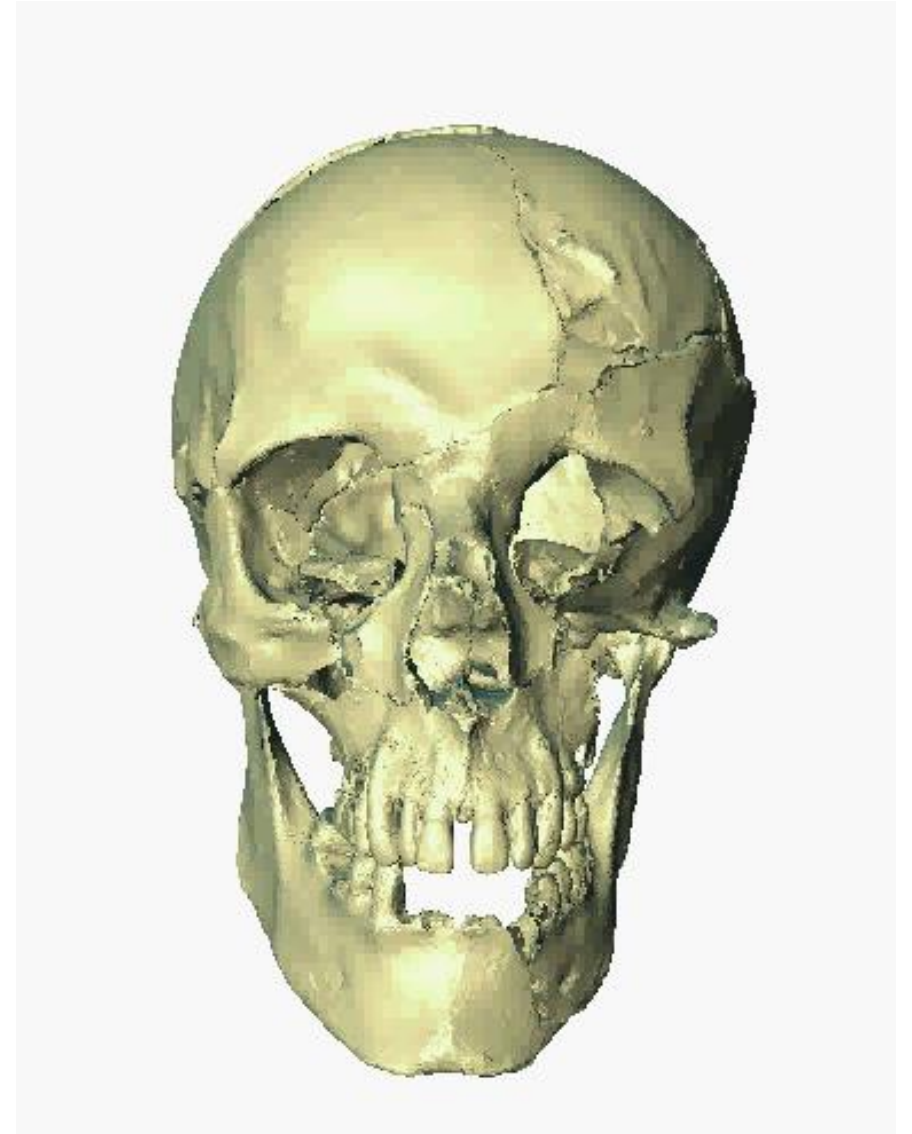
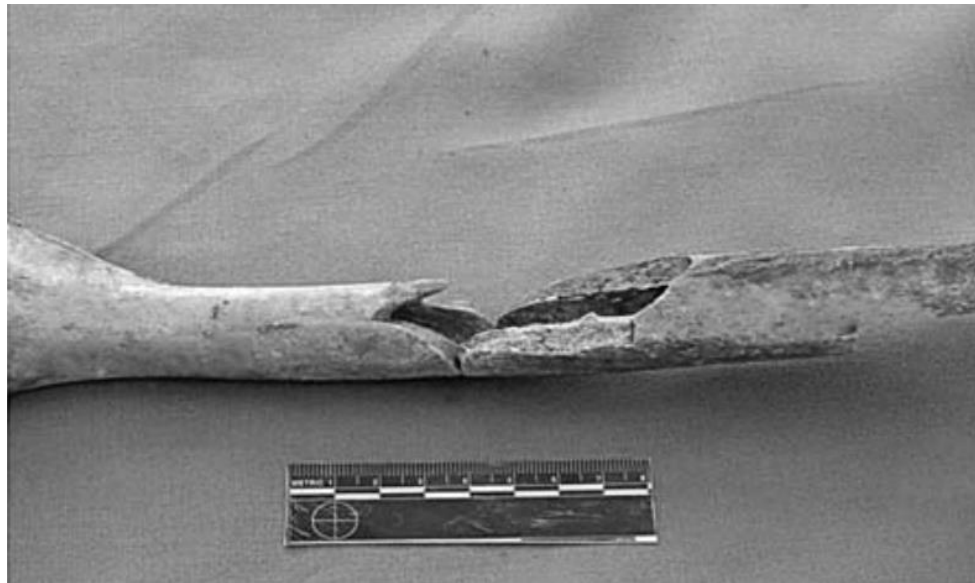
## Studium ontogeneze lidské kostry





# Kosterní antropologie

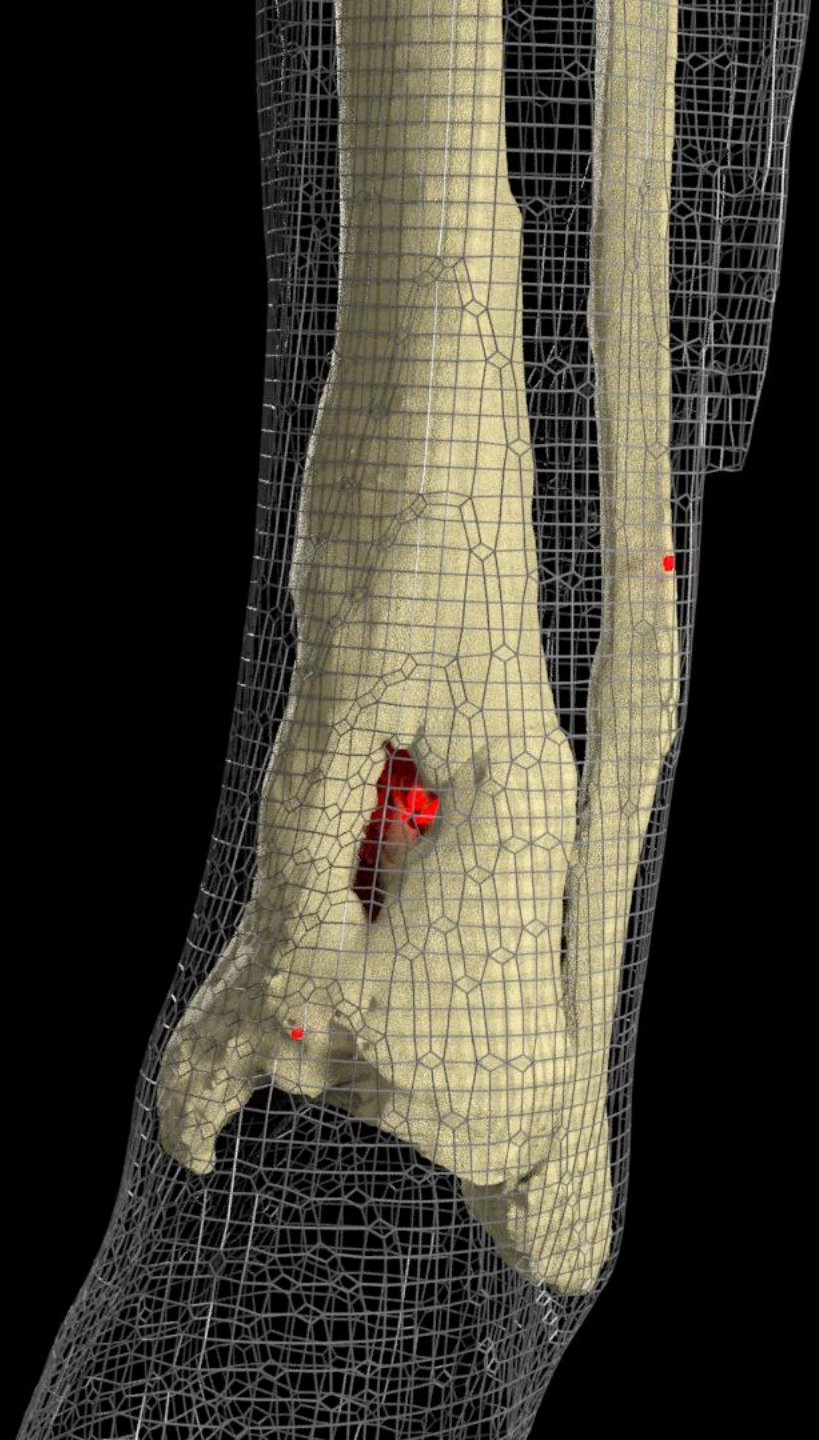
Výzkum biomechaniky kosti a mechanismu vzniku pre-, peri- a post-mortem poškození





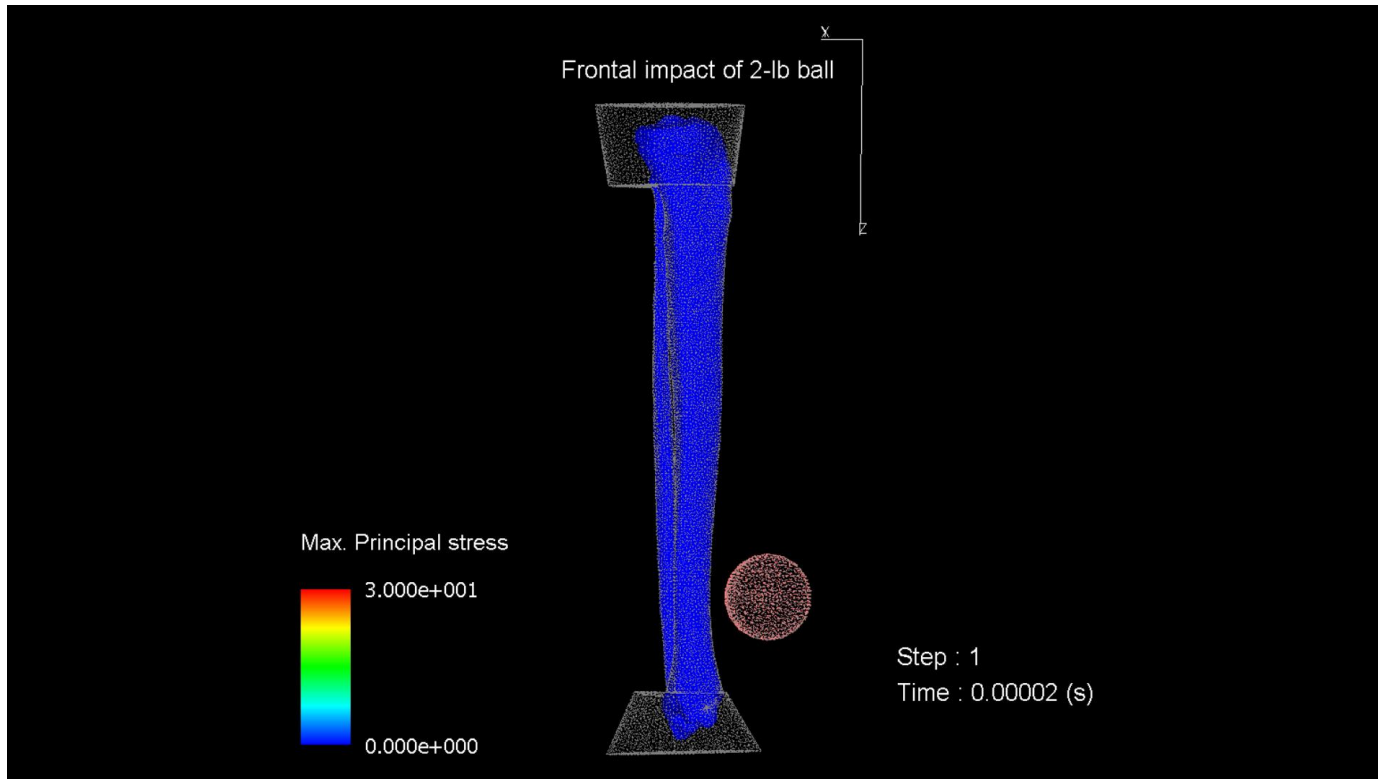
# Kosterní antropologie

Zhojené zranění z pohledu CT  
vyšetření



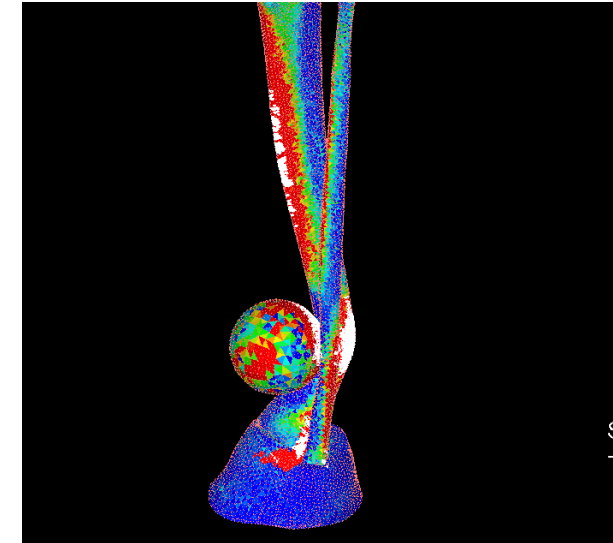
# Kosterní antropologie

Zhojené zranění z pohledu CT  
vyšetření



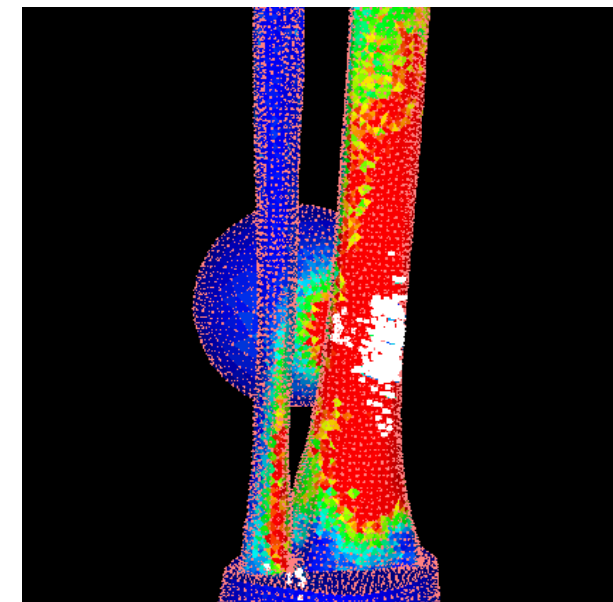
**360 km/h**

Max. principal stress:  
tibia 64 Mpa  
fibula 40 MPa



**60 km/h**

Max. principal stress:  
tibia 60 Mpa  
fibula 36.2 MPa



# Antropologie živého člověka

Analýza vývoje, funkce a variability těla a jeho dynamiky v širším měřítku

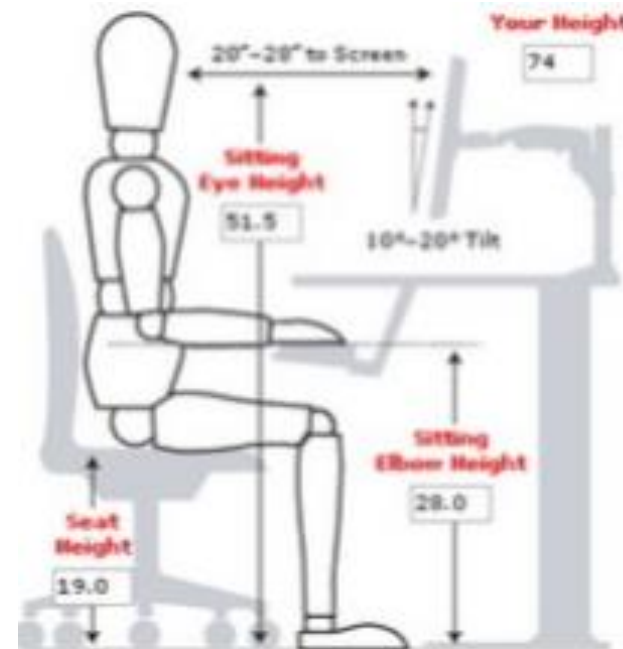
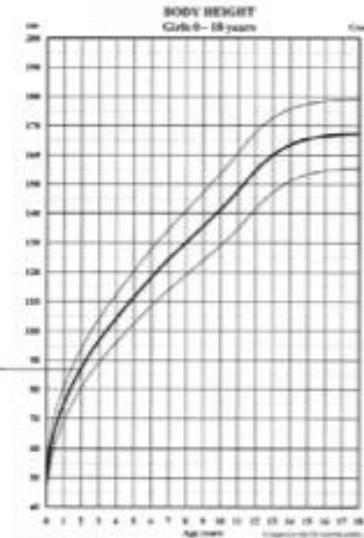
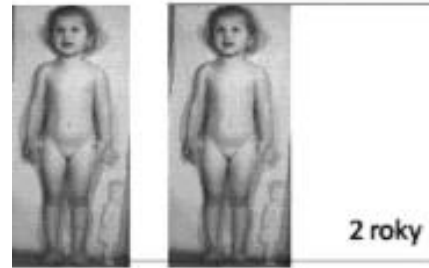
**kinantropologie** – vztah mezi účelově zaměřeným lidským pohybem a člověkem jako biosociálním subjektem

**vývojová antropologie**

**hodnocení výživového stavu**

**ergonomie**

**dermatoglyfika**

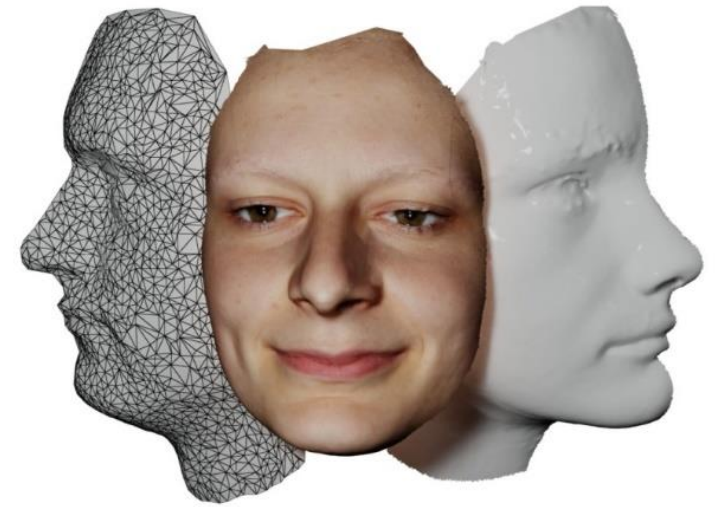




# Statický záznam podoby živého člověka

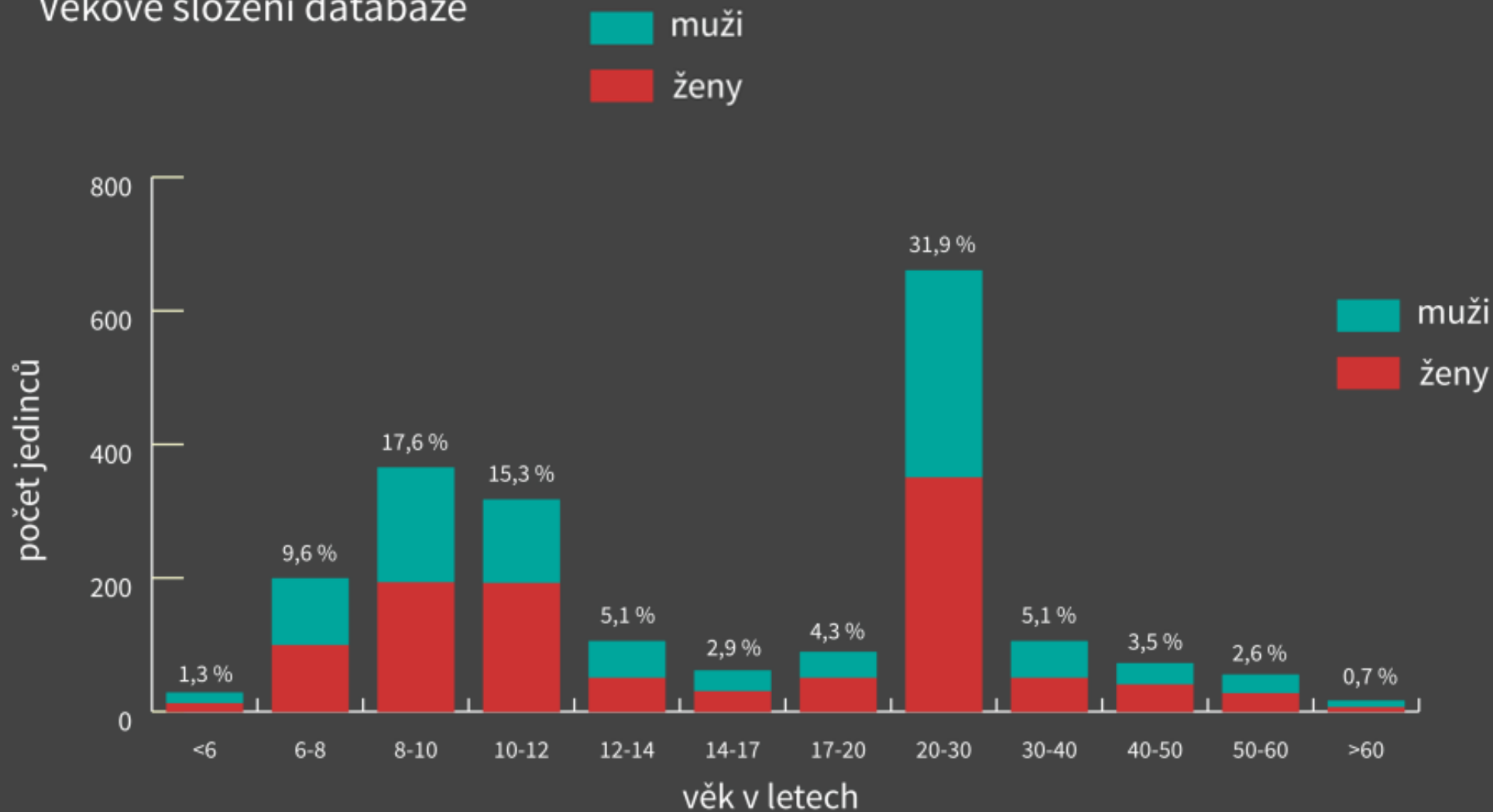
## FIDENTIS databáze 3D obličejů

- tisíce 3D modelů lidských obličejů
- nasnímáno skenery Vectra v téměř fotorealistické kvalitě



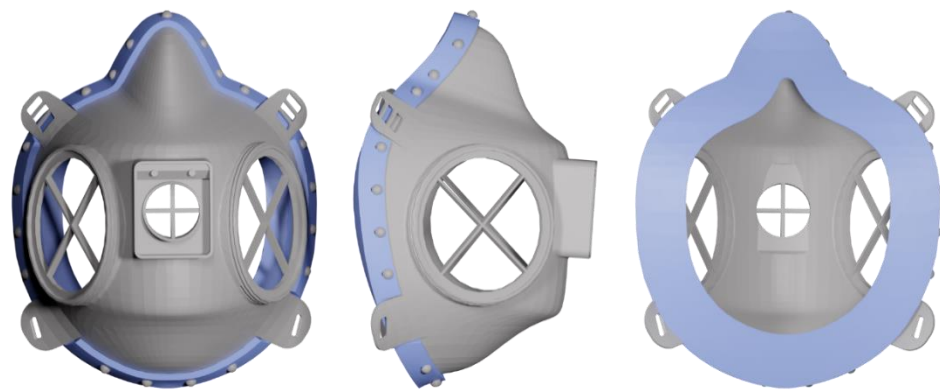
# Statický záznam podoby živého člověka – FIDENTIS databáze

Věkové složení databáze

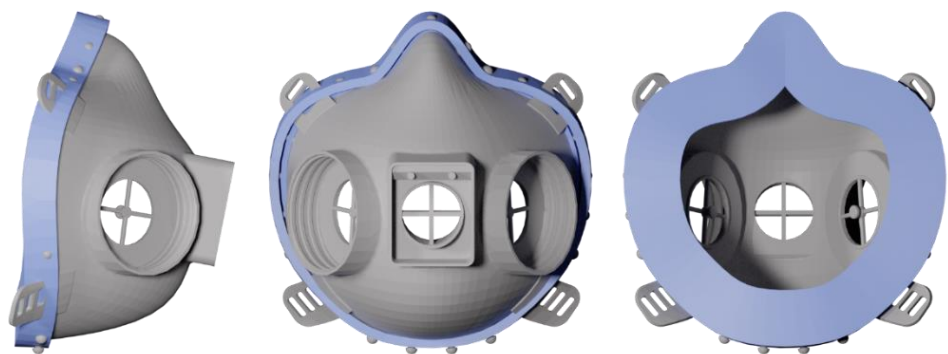


# Praktické využití databáze

Návrh ochranných pomůcek a jejich testování



RP94-3D pro dospělé osoby



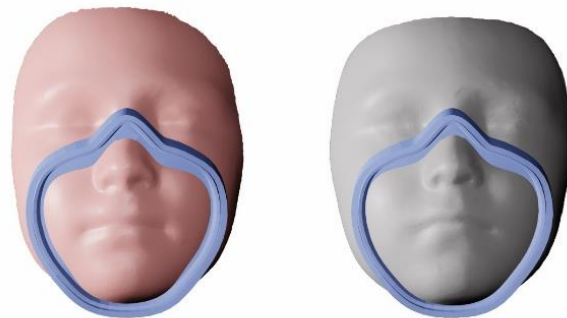
RP94-3D pro nedospělé osoby

Databáze 3D obličejů fidentis

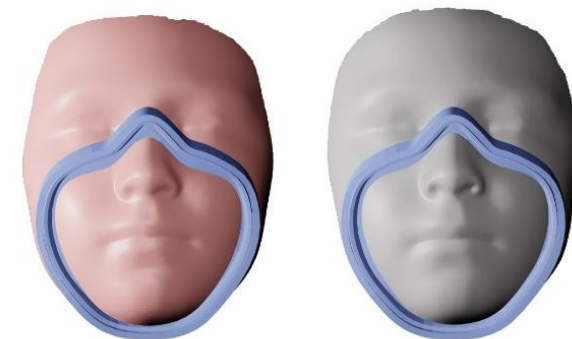


populační průměry pro optimalizaci tvaru respirátoru

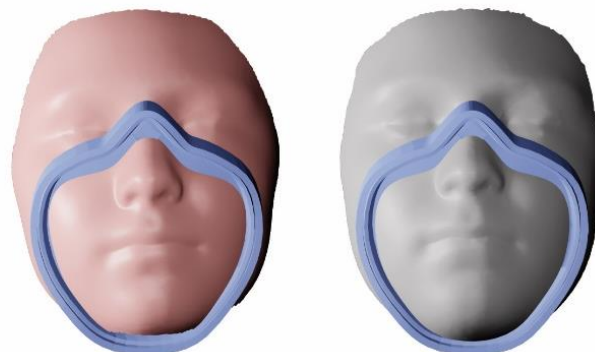
<110



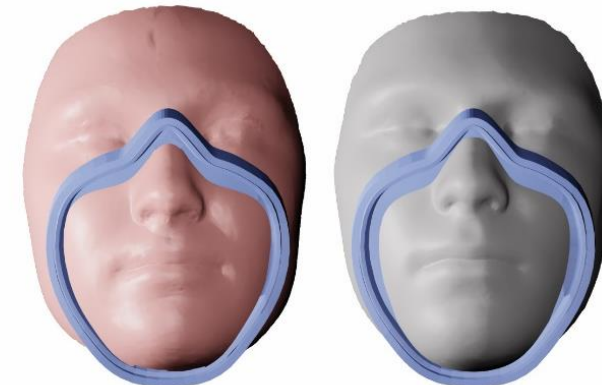
110–120



120–135



>135





## Celotělová databáze moderní populace

### SCANNING RECOMMENDATIONS



The position of a participant is fixed with harnesses and body parts are separated with additional system of fillers and pads



Distancing body parts facilitates further image processing of adipose tissue

### PROCESSING WORKFLOW

Volume preparation

Image Volume Processing (Avizo)

Coarse masks

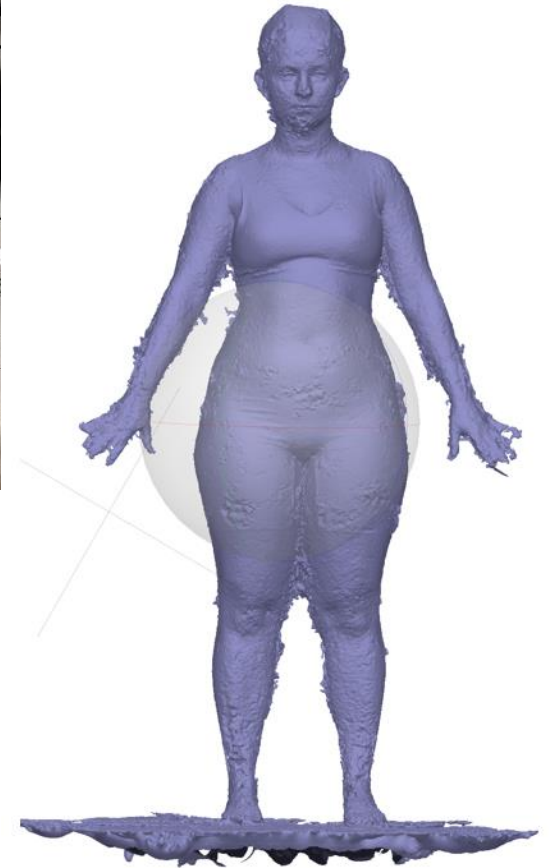
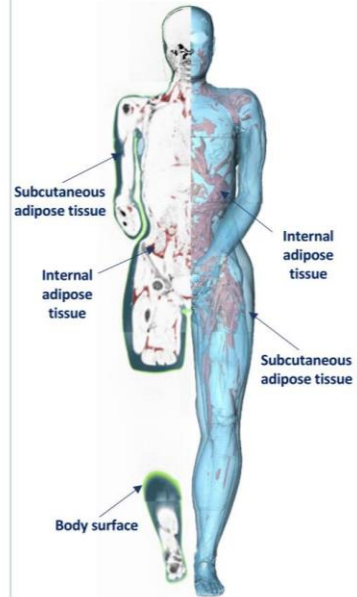
Manual adjustments + morphological operations

Adjusted undersegmented masks

Watershed segmentation

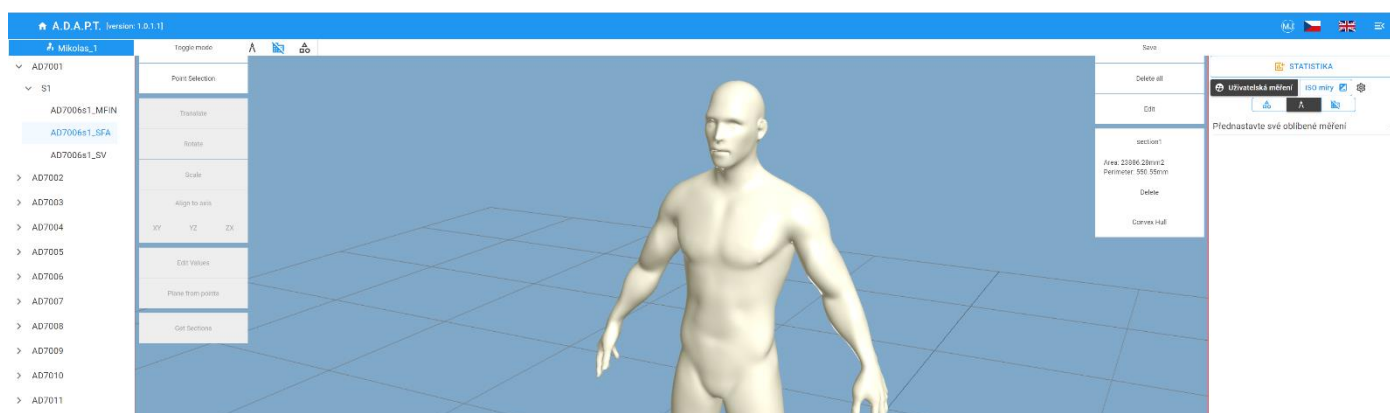
Final segmentations

### RESULTS



# Databáze A.D.A.P.T.

## Celotělová databáze moderní populace



**A.D.A.P.T. [version: 1.0.1.1]**

**Mikolas\_1**  
Filtrovat podle

**Pohlaví**

- Muž
- Žena
- Nebinární

**Věk**  
Věk od: 0 roků Věk do: 0 roků

**Národnost**  
Zvolte si národnost: Česká

**Kategorie zaměstnání**  
Zvolte kategorii zaměstnání: Konkrétní zaměstnání

**Uživatelské kategorie**  
Zvolte prosím zaměstnání: Vyberte kategorii

**Seskupit podle**  
Vyberte kategorii: Pohlaví  
Vyberte konkrétní hodnoty kategorie: Žena, Muž  
Vyberte kategorii: Vyberte kategorii

**POPISNÁ STATISTIKA VZTAHY VÍCE PROMĚNNÝCH JEDNOROZMĚRNÁ STATISTIKA**

**Popisná statistika**

Popis skupiny	Počet ve skupině	Aritmetický průměr	Medián	Modus	Směrodatná odchylka	Normální rozdělení	Minimum	Maximum	Variační koeficient	Střední chyba průměru	Koeficient asymetrie	Koeficient špicatosti
Hmotnost Žena (kg)	7	67.21	67.90	52.00	12.10	Yes	52.00	88.90	18.00	4.57	0.65	1.08
Hmotnost Muž (kg)	5	67.60	85.00	0.00	38.45	No	0.00	92.00	58.88	17.19	-2.06	4.30

**Percentil**

	1	5	25	50	75	90	95	99
Hmotnost Žena (kg)		52.00	52.00	55.00	67.90	72.00	88.90	88.90
Hmotnost Muž (kg)	0.00	0.00	0.00	36.50	85.00	90.00	92.00	92.00

Vyberte konkrétní percentil: Vyberte číslo mezi 0 až 100

**Grafy**

**Výběr proměnných**

**Popisná statistika**  
Vyberte proměnné: Hmotnost

Vyberte uživatelské proměnné:

**Uložit naměřenou hodnotu (mm)**

**NAZOV ULOŽIT\***

Naměřená hodnota:  431.71 mm (0.43171075 m)

Průměr vůči ose:  X: 431.59 mm (0.43159413 m)  Y: 2.67 mm (0.0026739836 m)  Z: 9.67 mm (0.009671979 m)

ZRUŠIT ULOŽIT

# Fotogrammetrie jako metoda pro 3D dokumentaci

Počátky (1999) - **poloautomatická** aplikace  
*Photomodeler* (v současnosti 1145 \$)

**Veškerá** geometrie výsledného modelu je editována ručně  
Výstupem jsou jednoduché modely, vhodné například k  
měření

Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

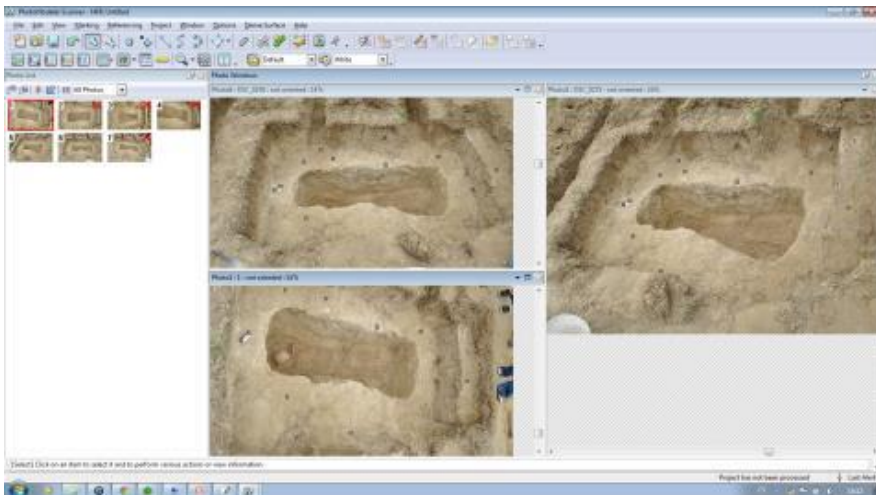
Očištění (macerace)

Dokumentace

Analýza

Tvorba výstupů

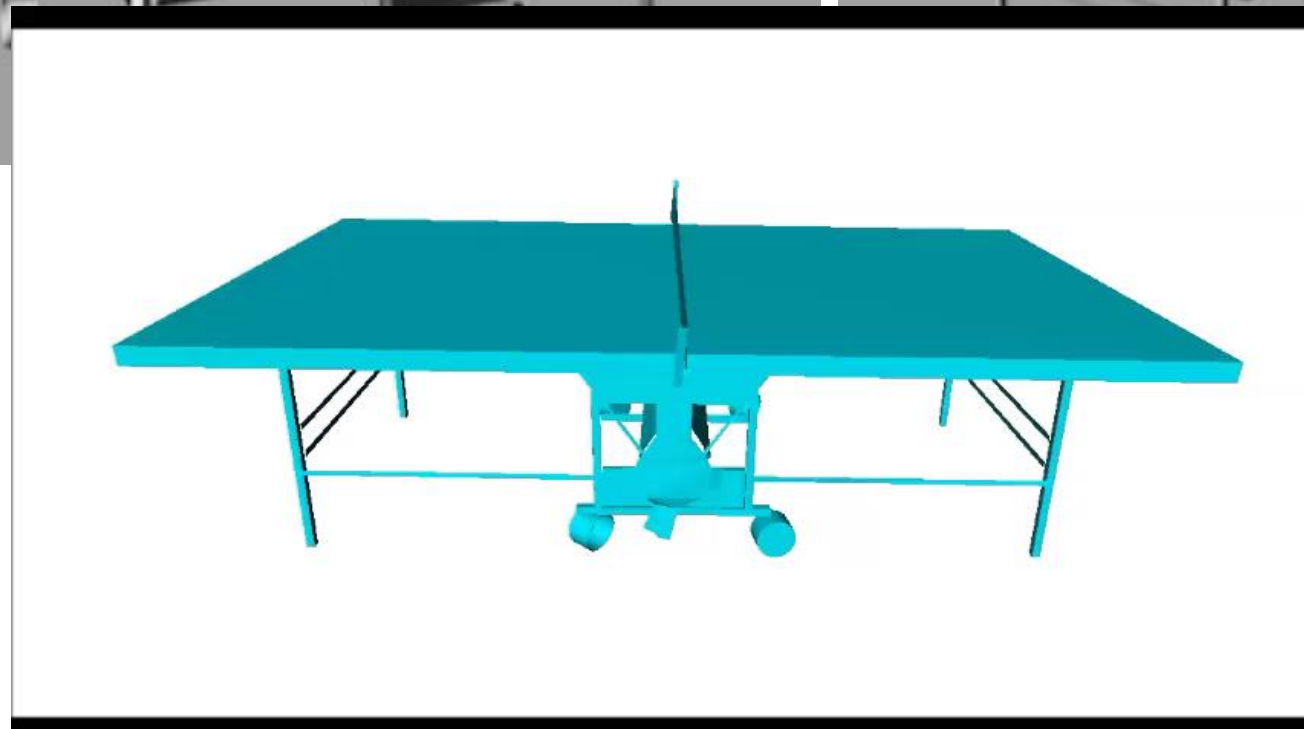
Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)





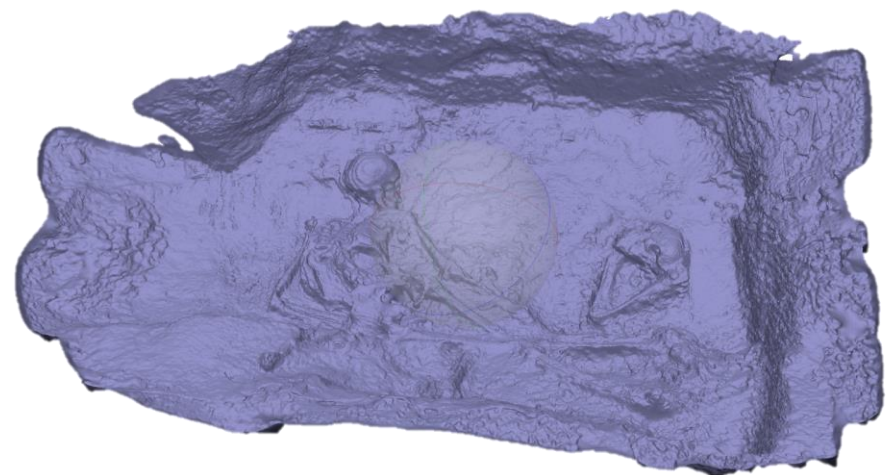
# Fotogrammetrie jako metoda pro 3D dokumentaci nálezové situace

Ping pongový stůl – 649 polygonů (ca stejný počet minut)



# Fotogrammetrie jako metoda pro 3D dokumentaci nálezové situace

- + vysoce flexibilní metoda povrchového skenování
- + minimální finanční náročnost



**Dobronín (okres Jihlava)**

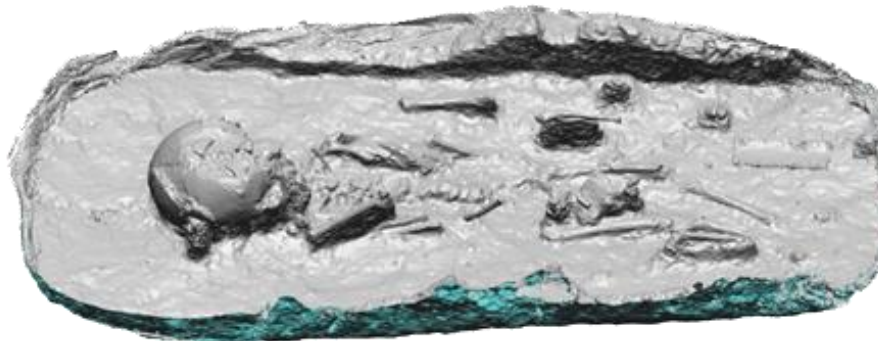
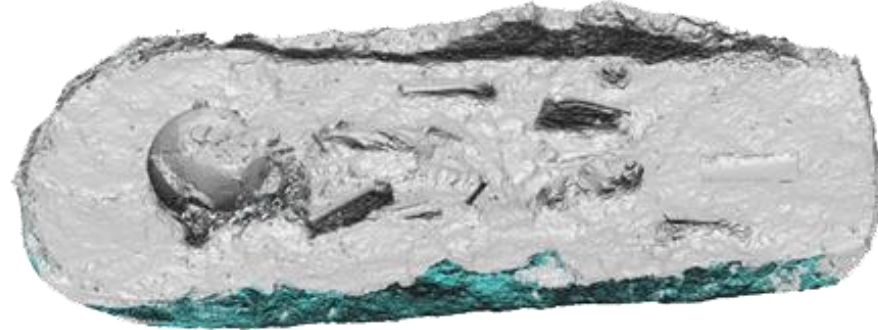
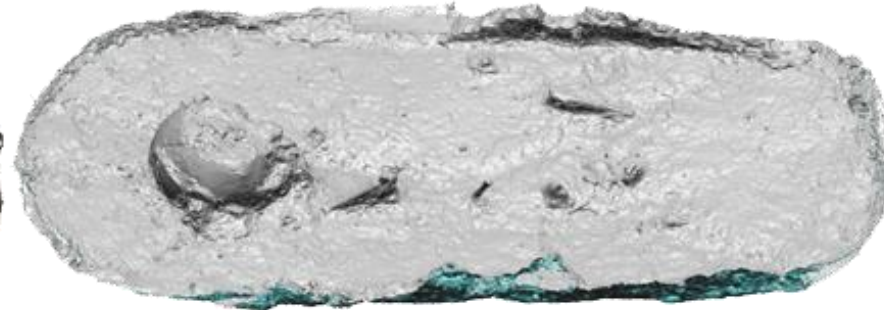
Masový hrob obětí poválečného násilí z 19. května 1945



# Fotogrammetrie jako metoda pro 3D dokumentaci nálezové situace

## Dětkovice

Jednotlivé fáze odkryvu dětského hrobu





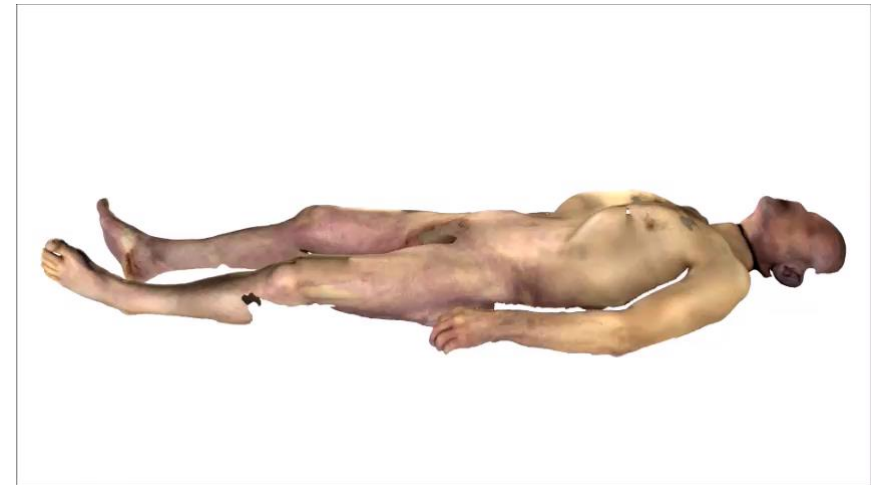
# Fotogrammetrie jako metoda pro 3D dokumentaci nálezové situace

Dokumentace nálezové situace v širším kontextu s pomocí UAV – možnost snadno modelovat nálezy v kontextu širšího okolí (přístupové cesty atd.)



# Fotogrammetrie jako metoda pro 3D dokumentace těl v soudním lékařství

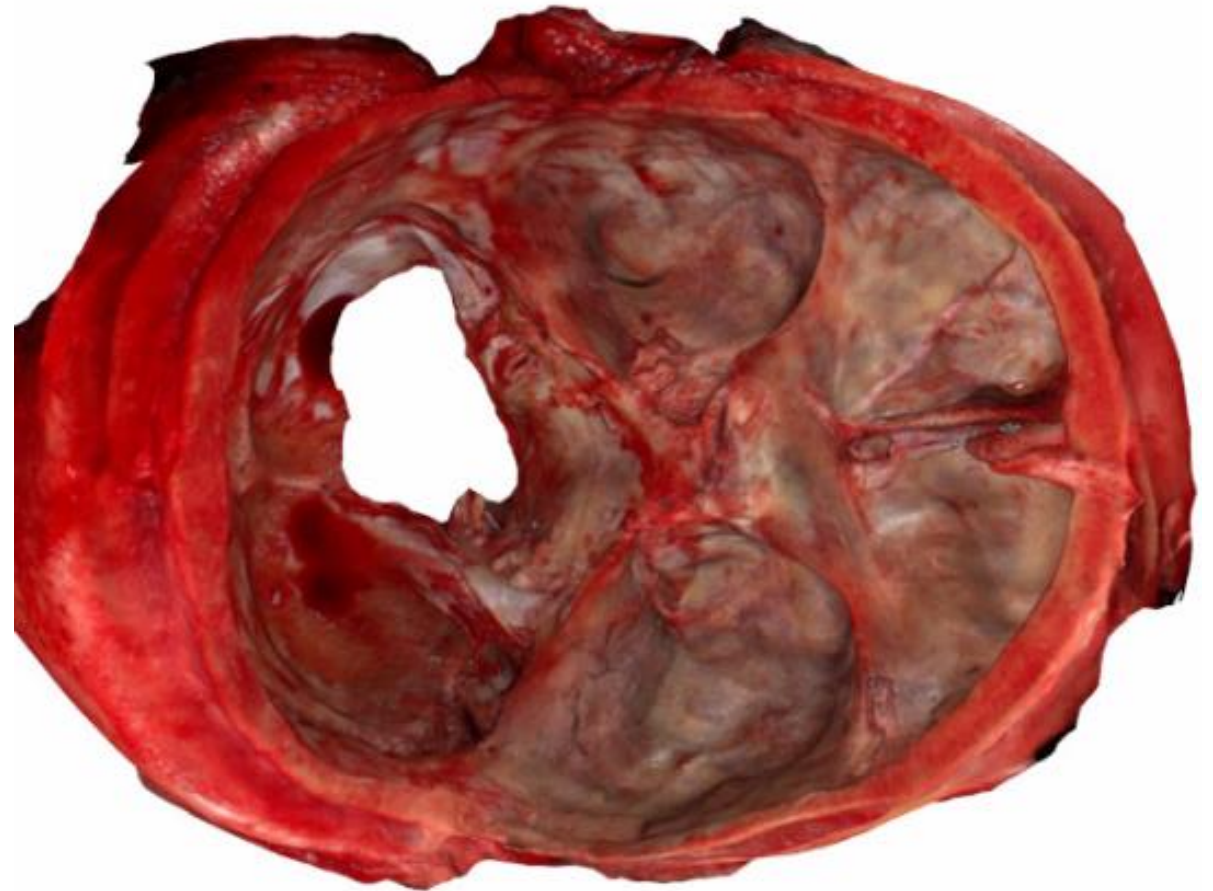
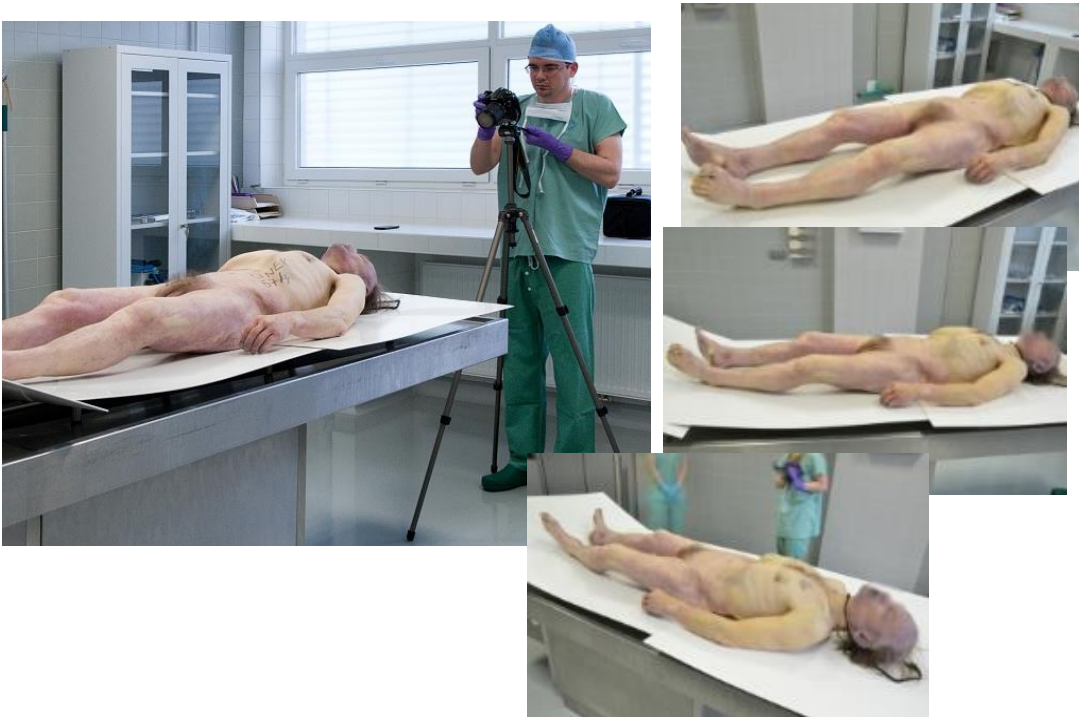
- dokumentace povrchové morfologie a barevnosti
- problémy se záznamem ochlupených částí a vnitřních struktur





# Fotogrammetrie jako metoda pro 3D dokumentace těl v soudním lékařství

- dokumentace povrchové morfologie a barevnosti
- problémy se záznamem ochlupených částí a vnitřních struktur

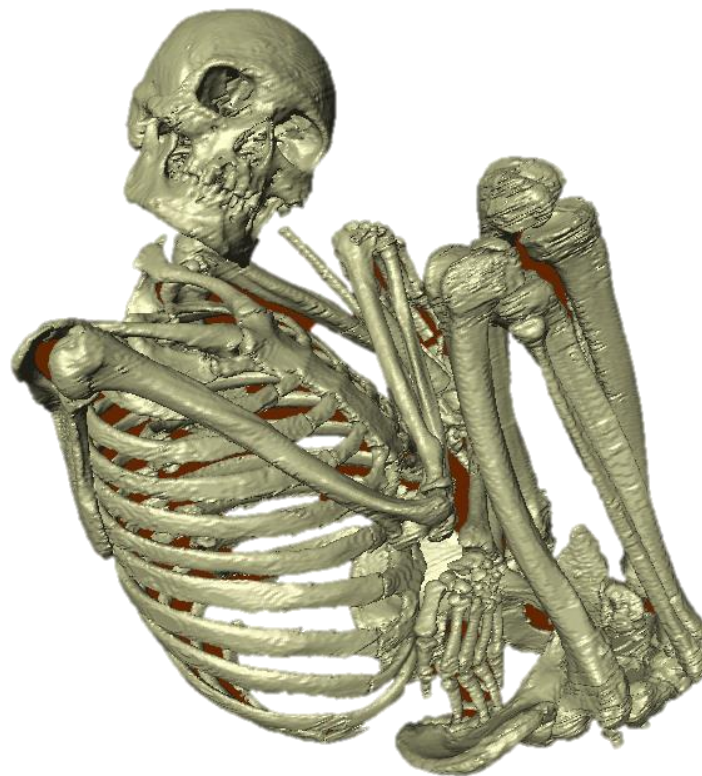
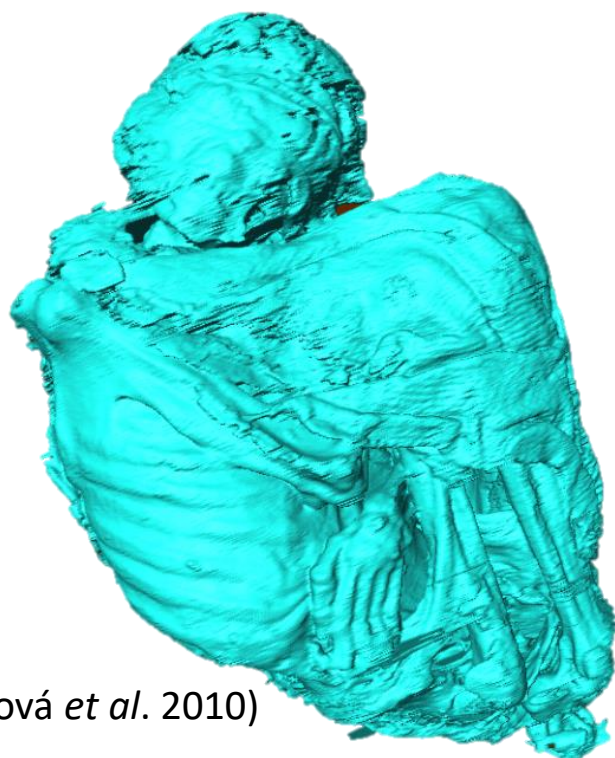




# Lékařské zobrazovací přístroje jako alternativa macerace

CT a MRI mohou zpřístupnit podobu kostí krytých měkkými tkáněmi (živé osoby, neskeletonizované pozůstatky) a dalšími překážkami (rakev, beton)

Jejich použití je alternativou k časově a „organizačně“ náročné maceraci



(Urbanová *et al.* 2010)

Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

**Očištění (macerace)**

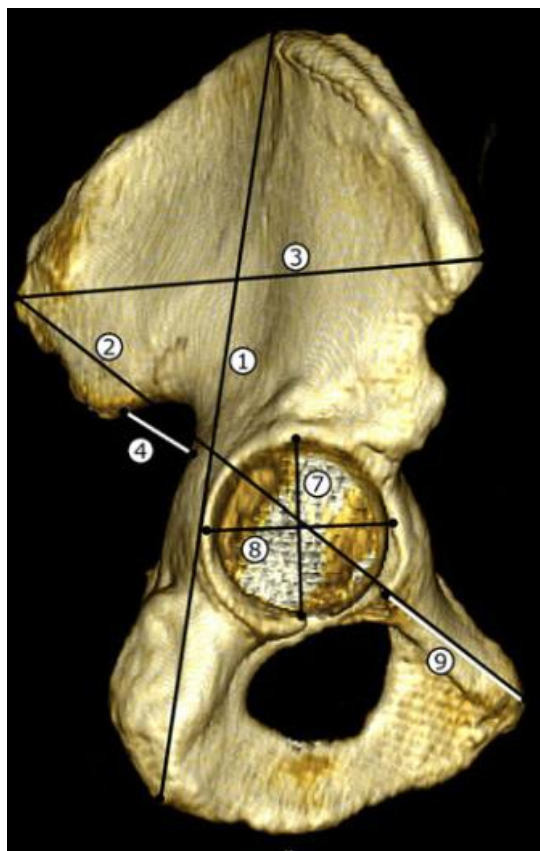
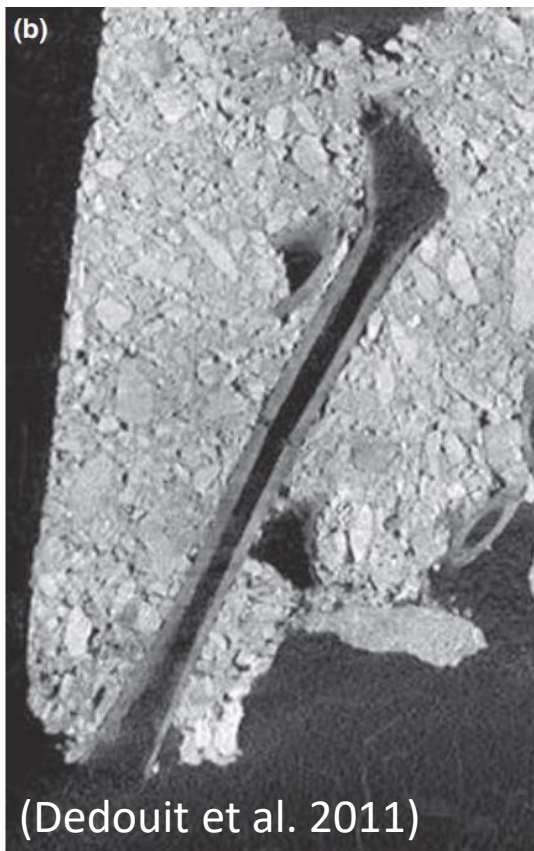
Dokumentace

Analýza

Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)

# Lékařské zobrazovací přístroje jako alternativa macerace



Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

**Očištění (macerace)**

Dokumentace

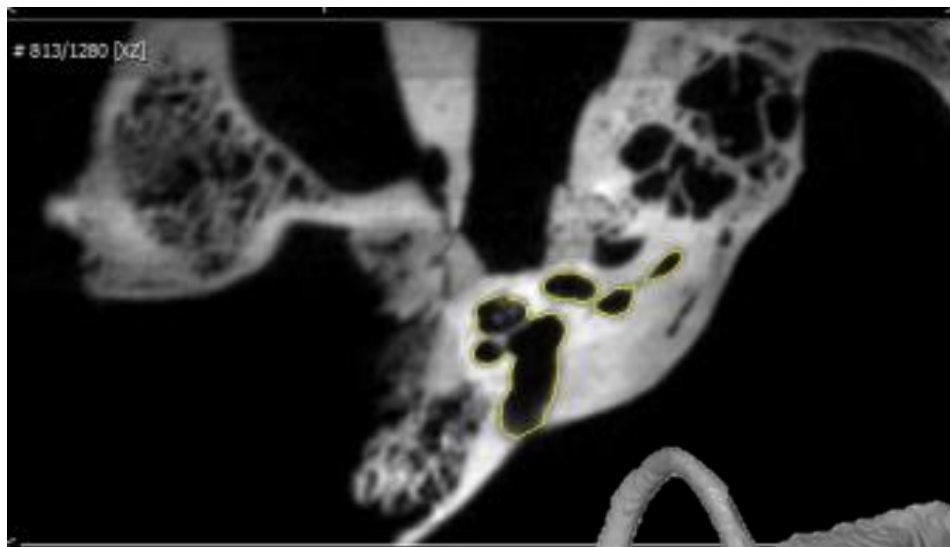
Analýza

Tvorba výstupů

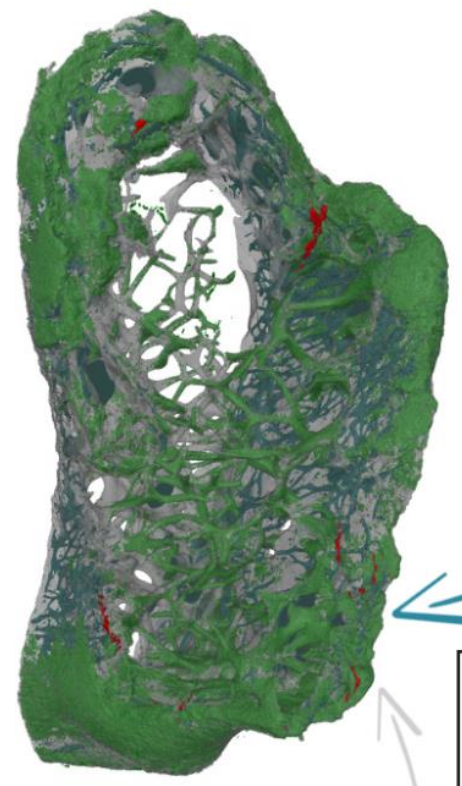
Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)

# 3D zobrazení na mikroskopické úrovni

- CT – velmi dobrý záznam kosterních pozůstatků bez měkkých tkání a také kosterních pozůstatků krytých měkkými tkáněmi a dalšími materiály
- rozlišení až na úroveň desetin mikrometru



Kováčová 2015  
**Kostěný labyrint**  
CT, voxel 0,125mm



Kováčová 2016  
**Jazylka**  
CT, voxel 0,01mm

Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

**Dokumentace**

Analýza

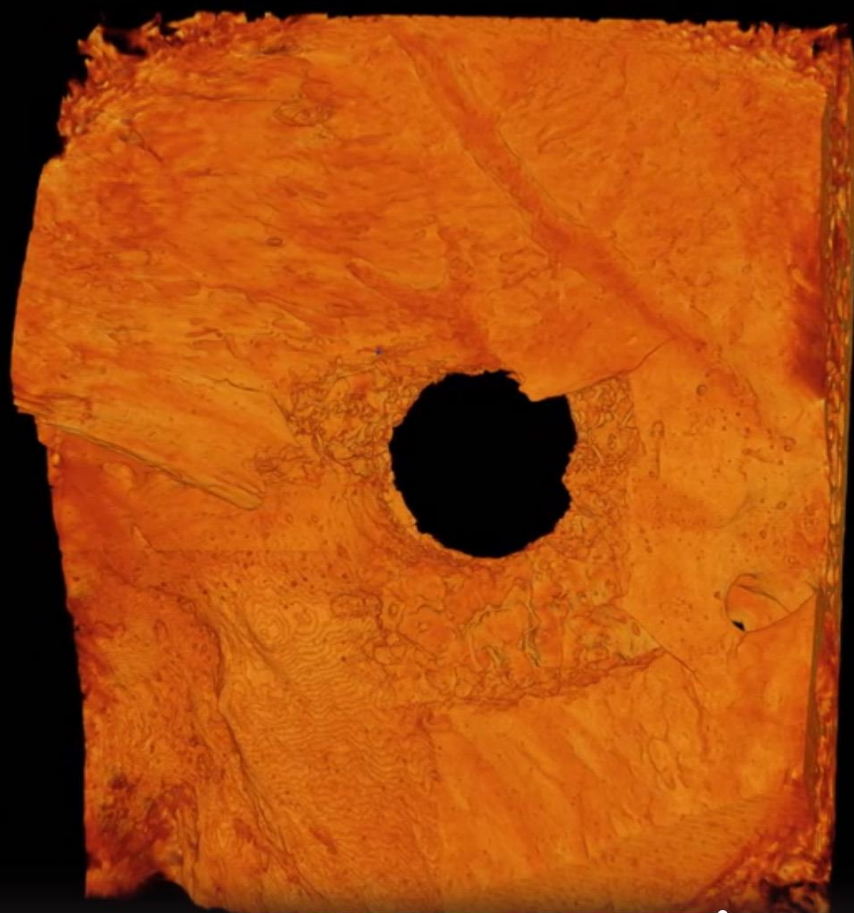
Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)



## 3D zobrazení na mikroskopické úrovni

- Veronika Kováčová – výzkum mikrofraktur v souvislosti se střelným poraněním kostí



Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

**Dokumentace**

Analýza

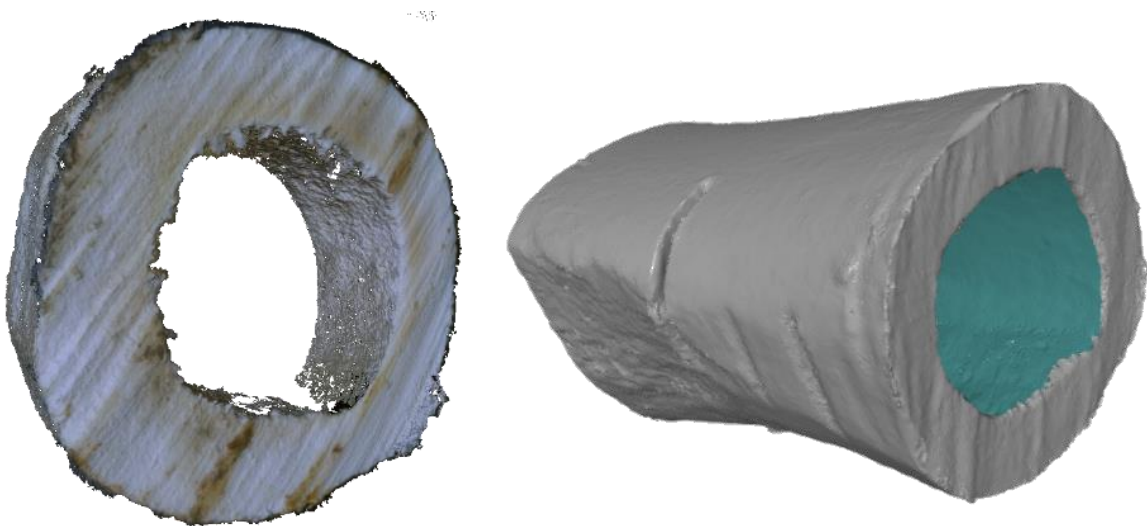
Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)

Normální zobrazení

# 3D zobrazení na mikroskopické úrovni

- velmi dobrý záznam kosterních pozůstatků bez měkkých tkání a také kosterních pozůstatků krytých měkkými tkáněmi a dalšími materiály
- rozlišení až na úroveň desetin mikrometru



Trasologické analýzy – stopy po řezných nástrojích

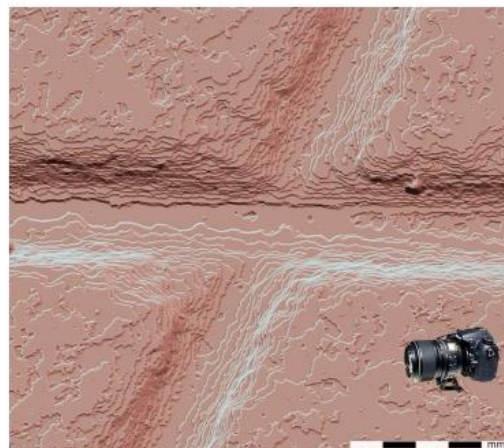
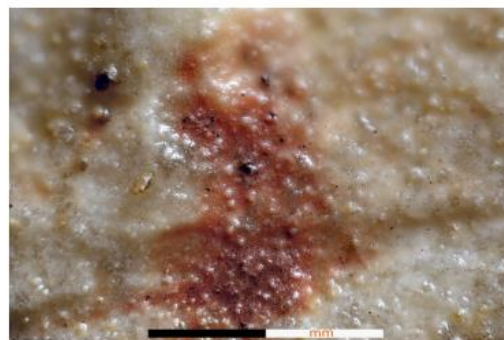


Fig. 24. The same as Fig. 23 but without the photographic texture. When the model is not smoothed, its stepped structure is visible.



(Plisson a Zotkina 2015)

Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

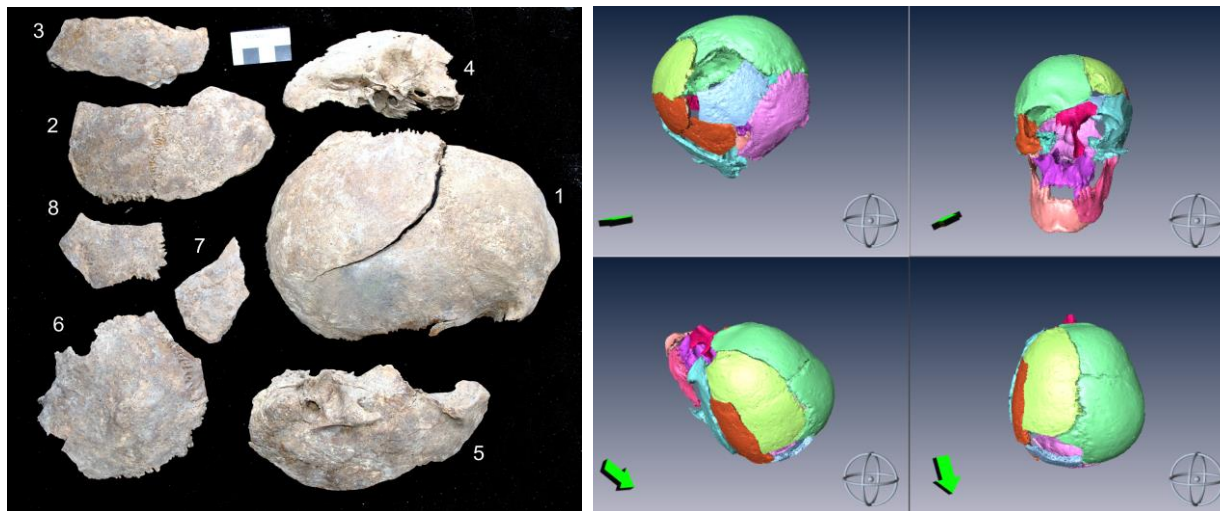
**Dokumentace**

Analýza

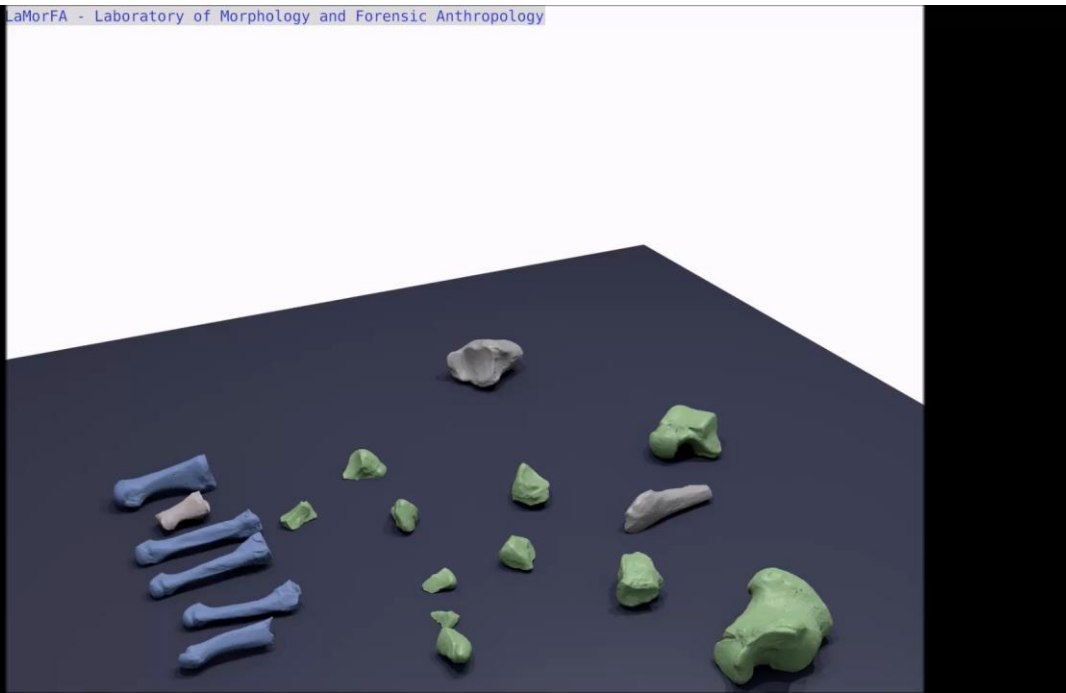
Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)

# Restaurace fragmentárního materiálu



LaMorFA - Laboratory of Morphology and Forensic Anthropology



Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

**Dokumentace**

Analýza

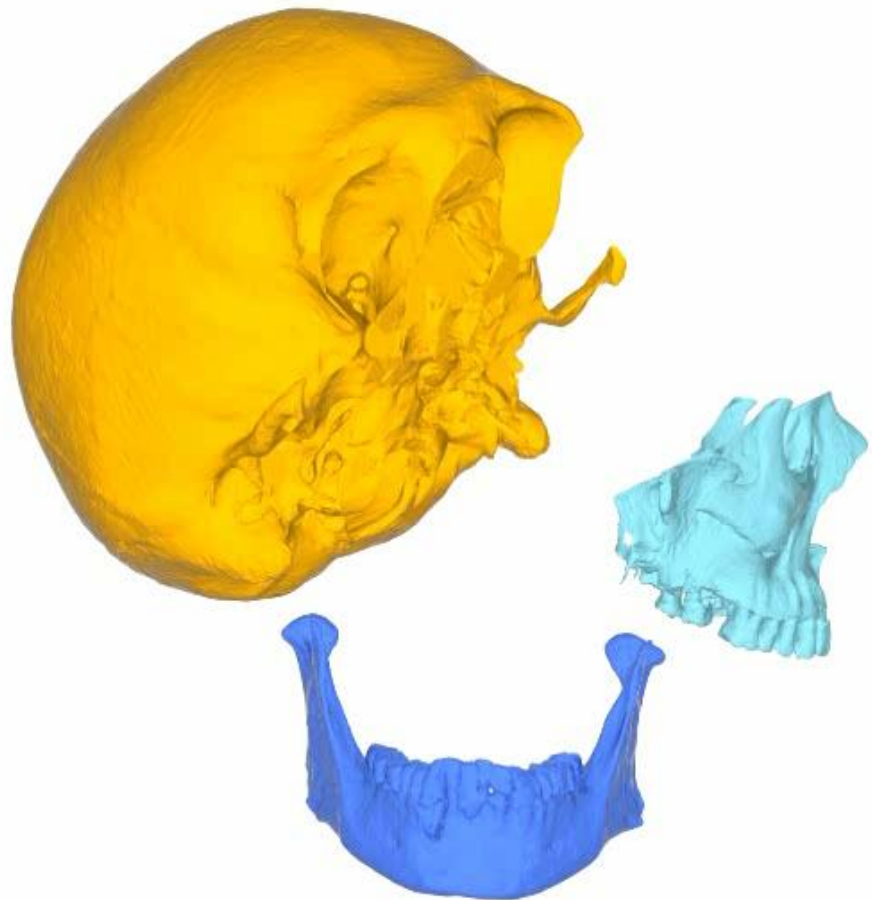
Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)



# Restaurace fragmentárního materiálu

## Využití virtuální reality



Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

**Dokumentace**

Analýza

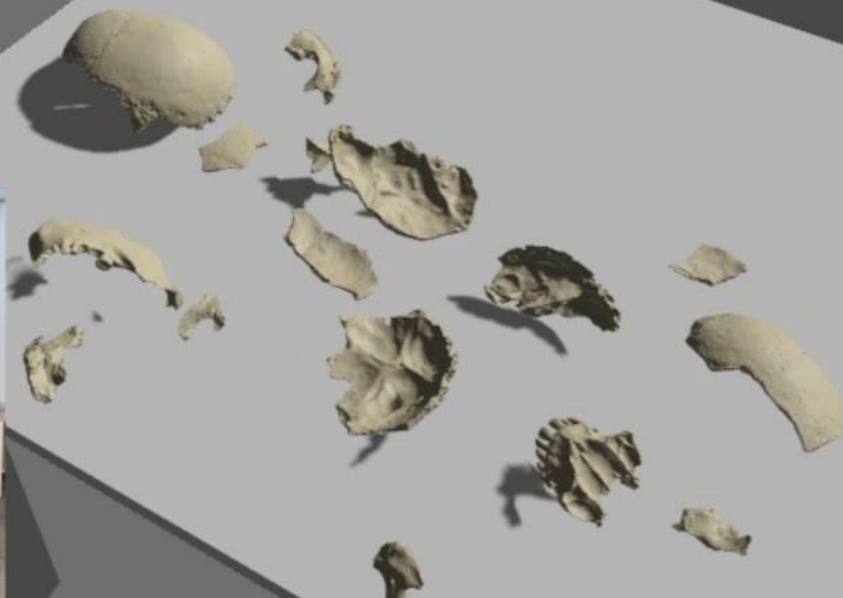
Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)

# Restaurace fragmentárního materiálu

Využití virtuální reality

**Freehand assembling**



Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

**Dokumentace**

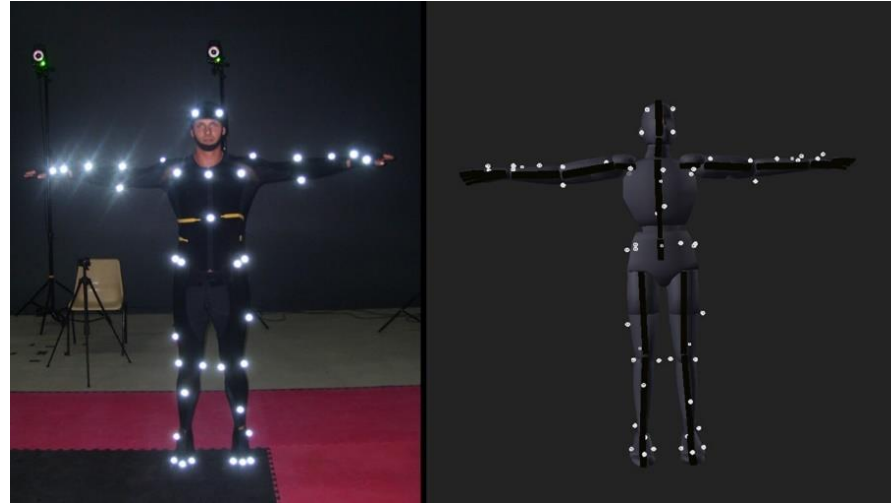
Analýza

Tvorba výstupů

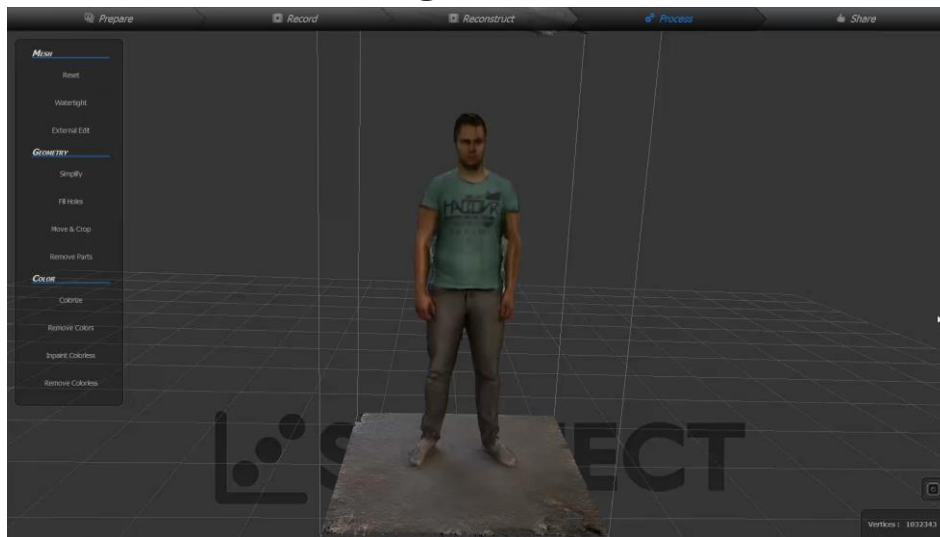
Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)

# 4D záznam lidského těla

*Motion capture*



4D záznam povrchové morfologie



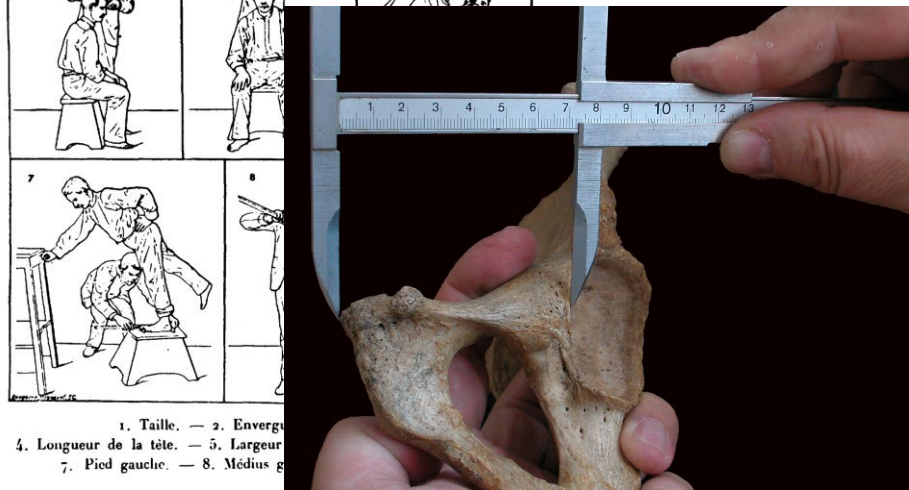
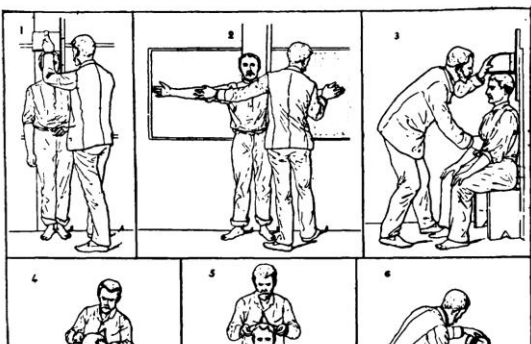


# Přenesení tradičních metod do virtuálního prostředí

## Metrické metody

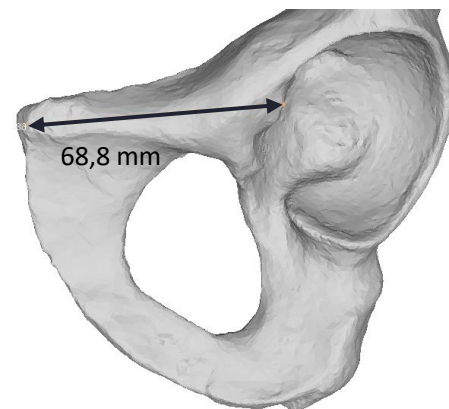
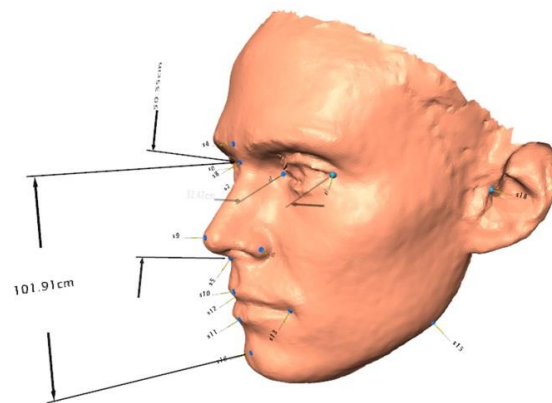
Časté chyby v důsledku odchylky od definovaného způsobu měření (definice předepisují i instrumentář), přesto použitelné

### RELEVÉ DU SIGNALEMENT ANTHROPOMÉTRIQUE



1. Taille. — 2. Envergure.  
4. Longueur de la tête. — 5. Largeur  
7. Pied gauche. — 8. Médius g

VS.



Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

Dokumentace

**Analýza**

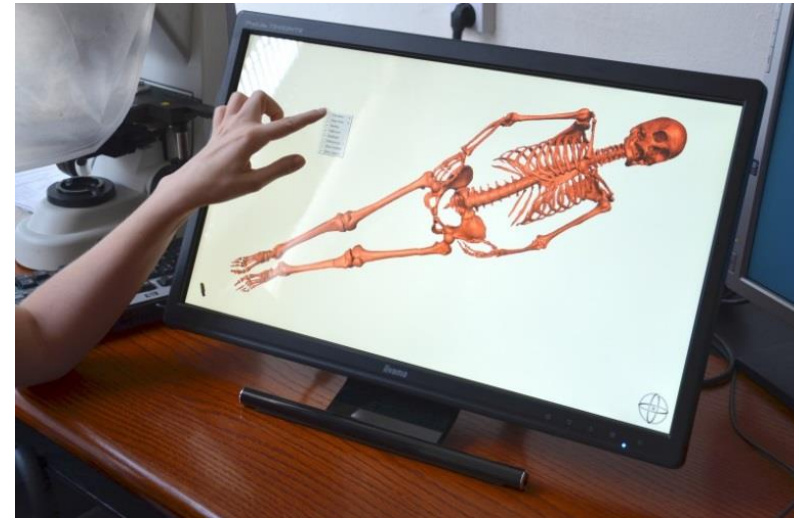
Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)

# Přenesení tradičních metod do virtuálního prostředí

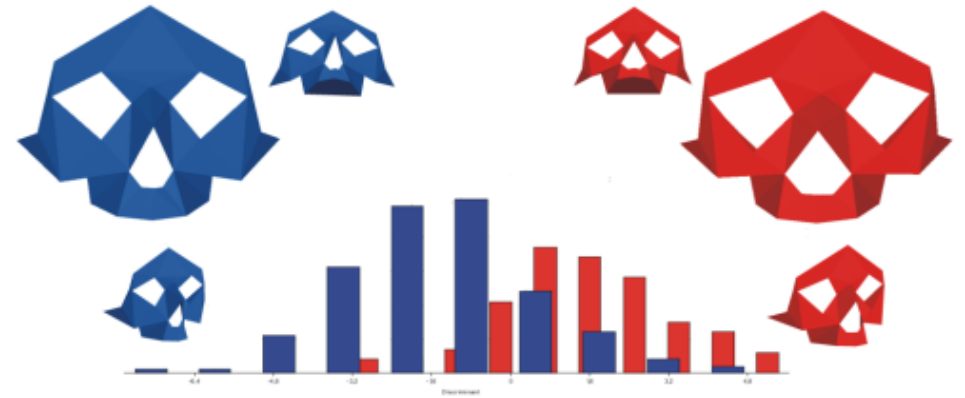
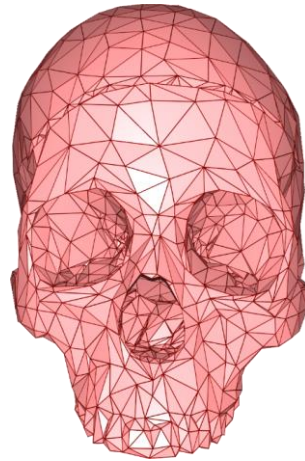
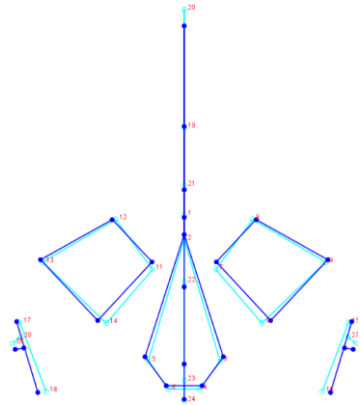
## Vizuální metody

Rozhodující je zkušenost hodnotitele s prací ve virtuálním prostředí

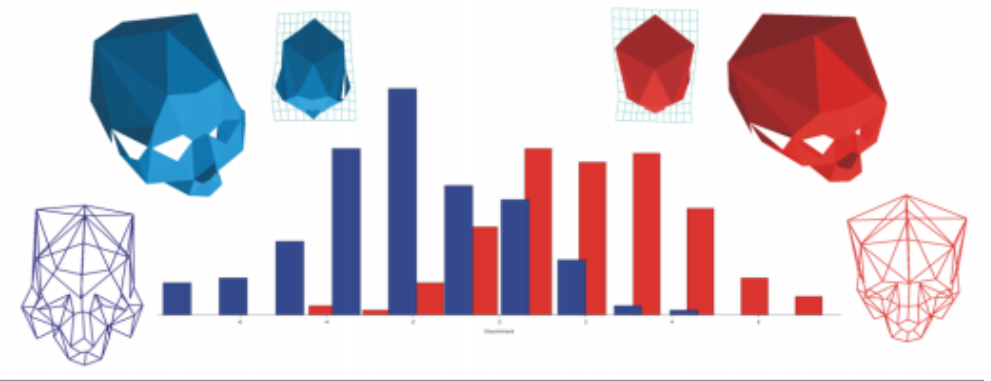


# Geometrická morfometrie

Stoupající pozornost je věnována novým proměnných a samotné tvarové informaci, která tvoří digitální model

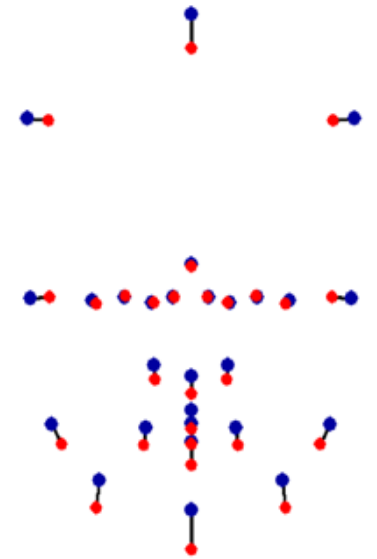
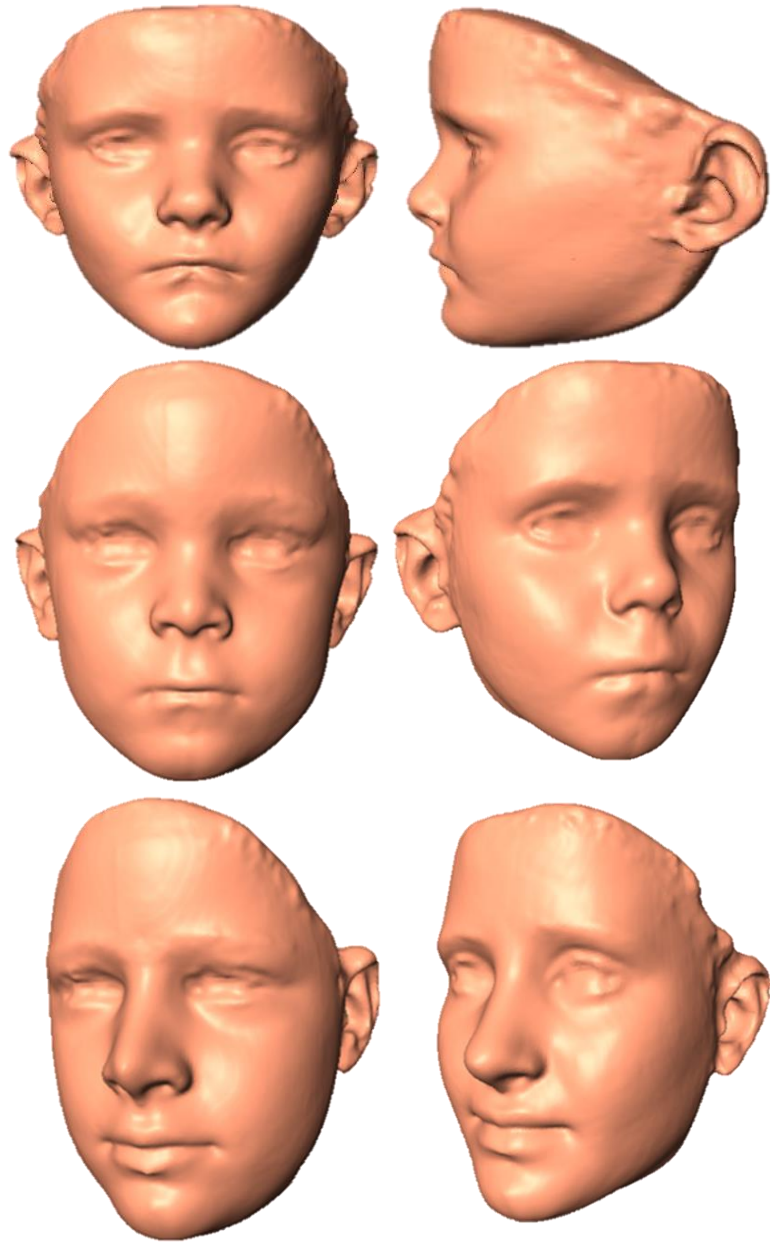


Trendem souvisejícím s digitalizací a automatizací je stoupající počet zpracovávaných proměnných

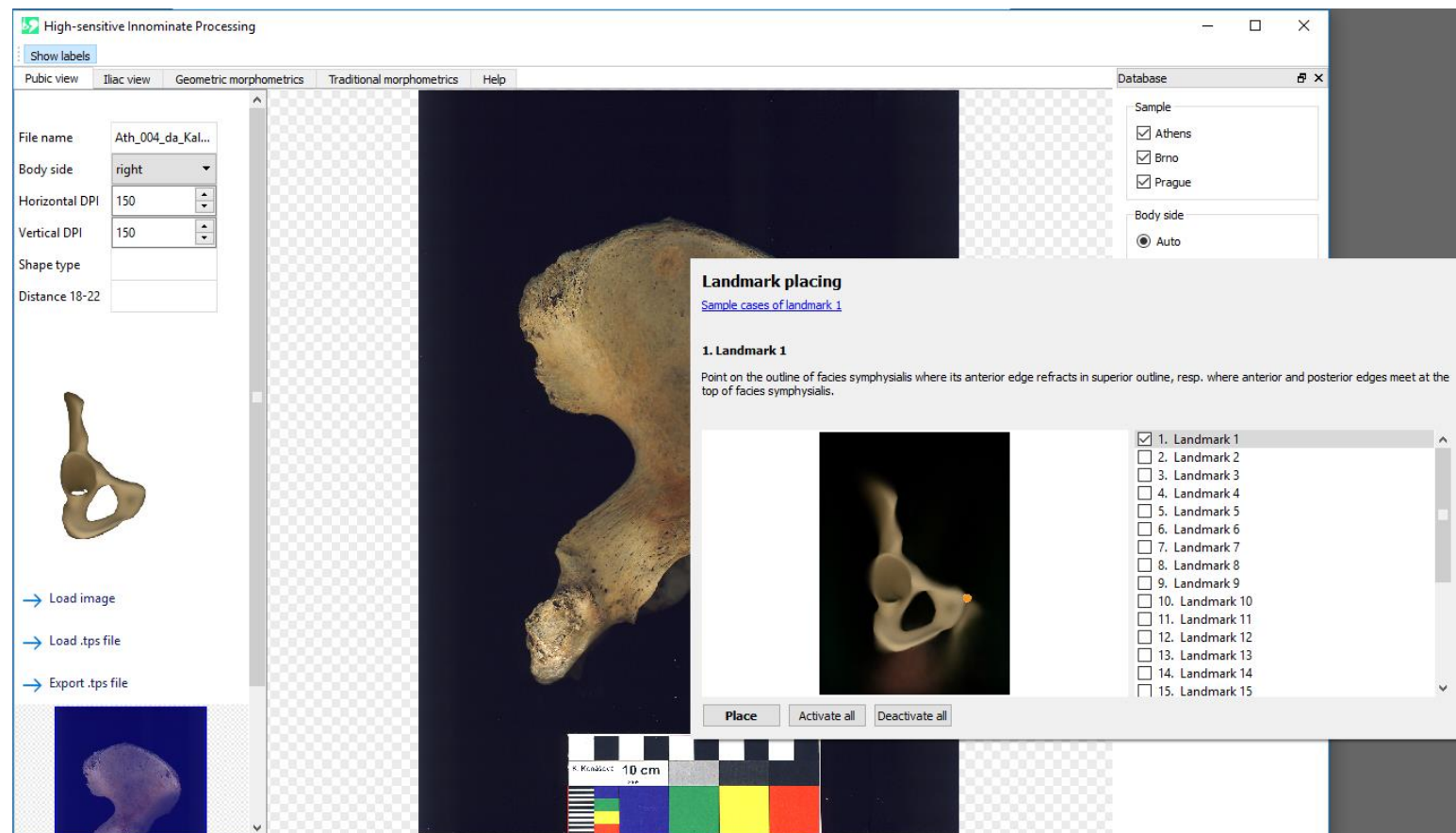




# Geometrická morfometrie



# Geometrická morfometrie - HIP



High-sensitive Innominate Processing

Show labels

Pubic view Iliac view Geometric morphometrics Traditional morphometrics Help

File name: Ath\_004\_da\_Kal...

Body side: right

Horizontal DPI: 150

Vertical DPI: 150

Shape type:

Distance 18-22:

Database

Sample

- Athens
- Brno
- Prague

Body side

- Auto

**Landmark placing**

[Sample cases of landmark 1](#)

**1. Landmark 1**

Point on the outline of facies symphysialis where its anterior edge refracts in superior outline, resp. where anterior and posterior edges meet at the top of facies symphysialis.

- 1. Landmark 1
- 2. Landmark 2
- 3. Landmark 3
- 4. Landmark 4
- 5. Landmark 5
- 6. Landmark 6
- 7. Landmark 7
- 8. Landmark 8
- 9. Landmark 9
- 10. Landmark 10
- 11. Landmark 11
- 12. Landmark 12
- 13. Landmark 13
- 14. Landmark 14
- 15. Landmark 15

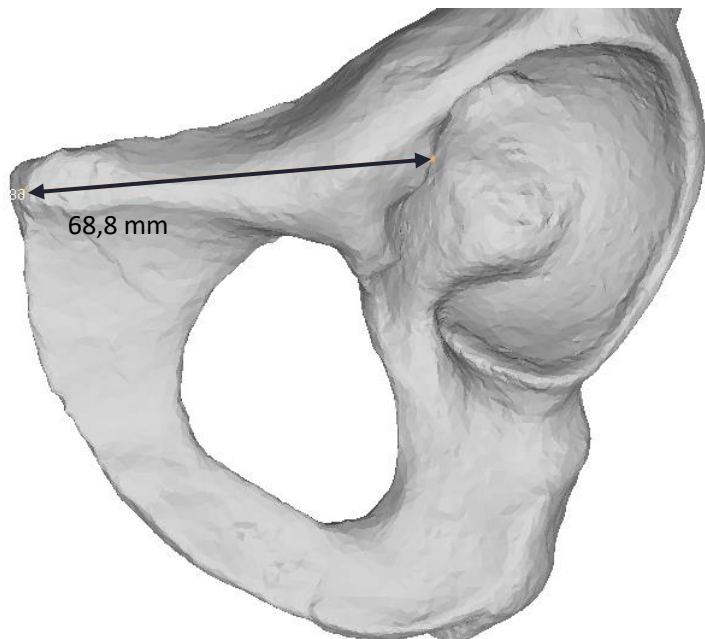
Place Activate all Deactivate all

Load image

Load .tps file

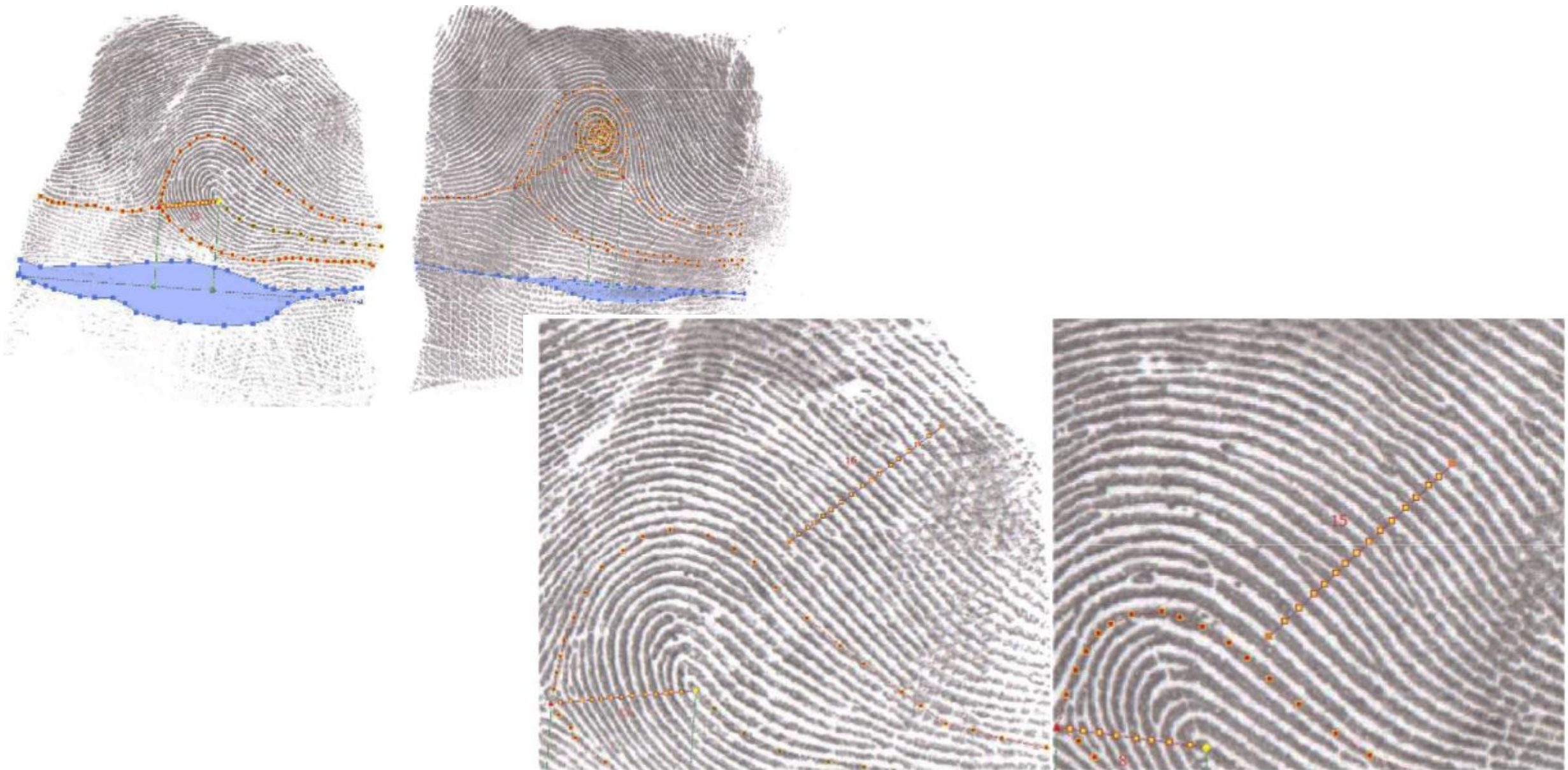
Export .tps file

10 cm





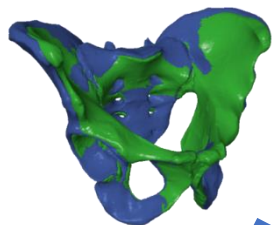
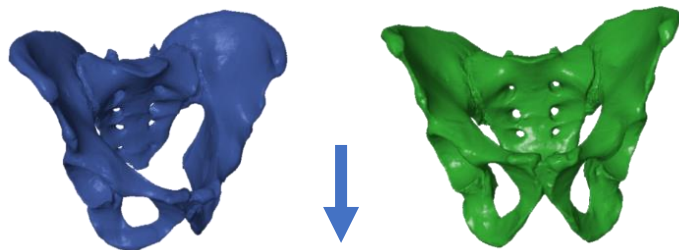
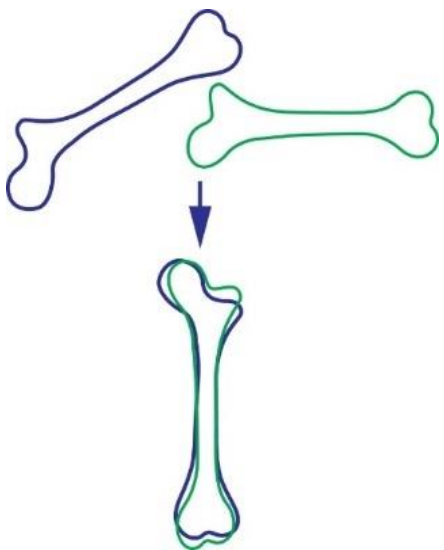
# Geometrická morfometrie - Dermatoglyphix



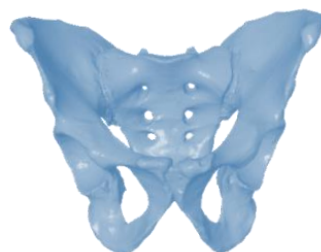
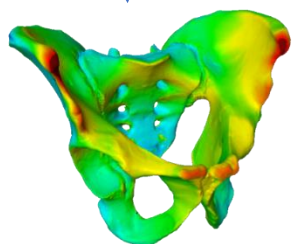


# Využití virtuálních nástrojů ke kvantifikaci morfologie

## Porovnávání polygonálních sítí



Výpočet vzdáleností mezi vrcholy modelů (*closest vertex-to-vertex distance*)



Root Mea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0	2.883217	3.388114	2.282067	4.879607	2.830111	3.756488	4.056759	3.759877	2.181855	2.50
2	2.568892	0	3.817461	2.672189	3.858551	2.256989	3.060317	3.426634	3.481952	2.492303	3.18
3	3.467182	4.35984	0	3.503827	6.15773	4.03699	5.318572	4.588232	5.249377	3.75486	2.69
4	2.254381	2.812385	3.287616	0	5.439986	3.156774	4.723701	3.925477	4.325239	2.289722	2.33
5	4.693316	3.886748	5.653616	5.070694	0	3.38842	2.837829	3.15374	2.823567	4.254425	5.6
6	2.648279	2.38774	3.757419	2.990153	3.333491	0	2.391285	3.056404	2.814383	2.343007	3.56
7	3.563343	3.552548	4.805767	4.513388	2.7942	2.521187	0	3.663709	2.938321	3.462112	4.82
8	3.564431	3.147034	3.902821	3.599743	3.242194	1.969009	3.455871	0	2.571323	3.241254	3.89
9	3.422002	3.241169	4.738112	3.803225	2.814832	2.783609	2.856487	2.576731	0	3.103015	4.06
10	2.085864	2.624045	3.624186	2.157911	4.30725	2.366689	3.386763	3.359091	3.239009	0	2.83
11	2.578339	3.587777	2.577791	2.408034	6.030207	3.81071	5.023038	4.369372	4.61527	2.973703	
12	5.415533	4.503227	6.08372	5.64699	2.270405	4.159646	3.729249	3.549373	3.686016	4.97441	6.13
13	2.226124	2.316315	3.195671	2.224593	4.466986	2.628395	3.716062	3.060813	3.280781	2.051813	2.21
14	3.285621	3.096869	4.0417	3.560983	2.898805	2.673981	3.051265	1.900252	2.117472	2.990953	3.6
15	2.360461	2.295465	3.019103	2.39626	4.238436	2.130134	3.506387	3.43969	3.72495	2.228797	2.9
16	2.605833	3.772966	4.420464	2.681445	5.609899	3.568235	4.775198	4.708047	4.07124	3.931568	2.98
17	3.005081	3.604889	2.321637	3.38748	5.559995	3.000586	4.448079	4.363369	4.850047	3.931373	2.86
18	2.034313	1.951995	3.046326	2.050264	4.354593	2.5334	3.671229	3.314725	3.689584	2.110401	2.52
19	3.785045	3.641091	3.040323	3.040323	3.040323	3.040323	3.040323	3.040323	3.040323	3.040323	3.040323

Popisná statistika vypočtených vzdáleností – distanční matice

Vizualizace rozdílů za pomoci gradientu

Průměrný model

Dokumentace místa nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

Dokumentace

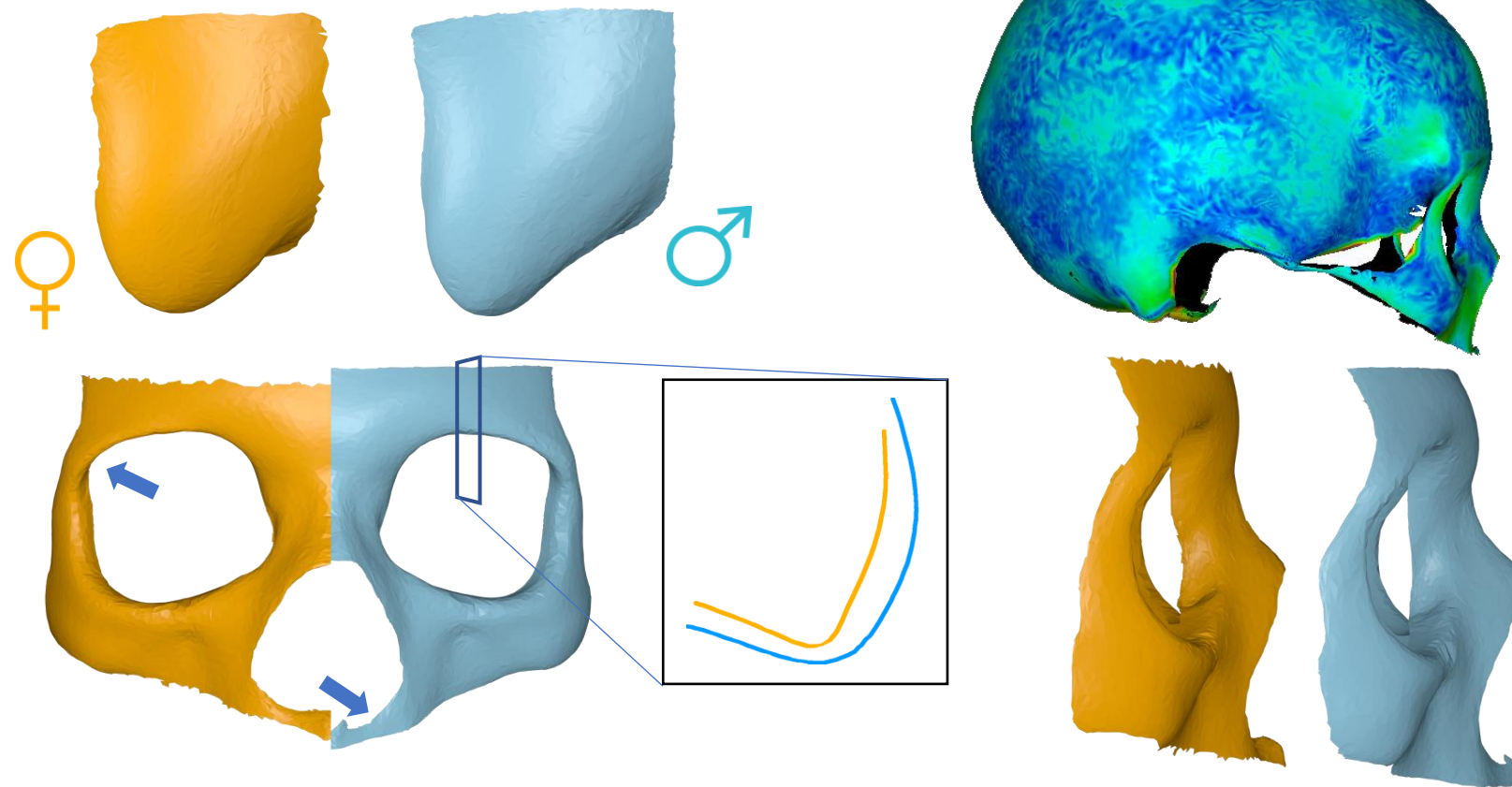
**Analýza**

Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení, tvorba sbírek, repatriace)

# Využití virtuálních nástrojů ke kvantifikaci morfologie

Tvarová variabilita lebky v souvislosti s pohlavím a populační příslušností



Správnost odhadu **pohlaví** na základě automaticky vypočtených parametrů nepřesáhla 82,5 %

Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

Dokumentace

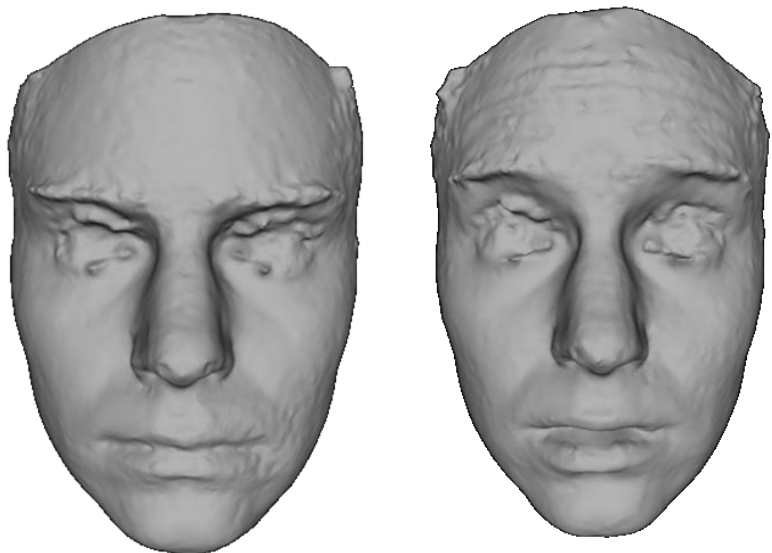
**Analýza**

Tvorba výstupů

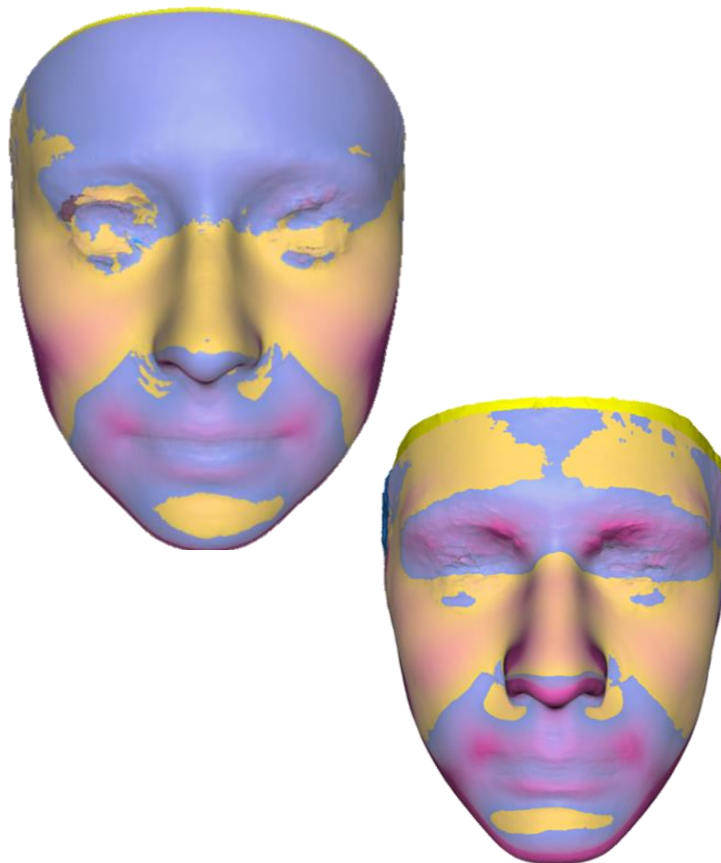
Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)

# Využití virtuálních nástrojů ke kvantifikaci morfologie

Výzkum vyjadřování emocí – porovnávání polygonálních sítí



Porovnání neutrálního obličeje s obličejem s výrazem



Pohlavní dimorfismus intra-individuálních změn morfologie

Dokumentace místa nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

Dokumentace

**Analýza**

Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení, tvorba sbírek, repatriace)



# Využití virtuálních nástrojů ke kvantifikaci morfologie

## Automatické generování 3D obličejů z fotografií

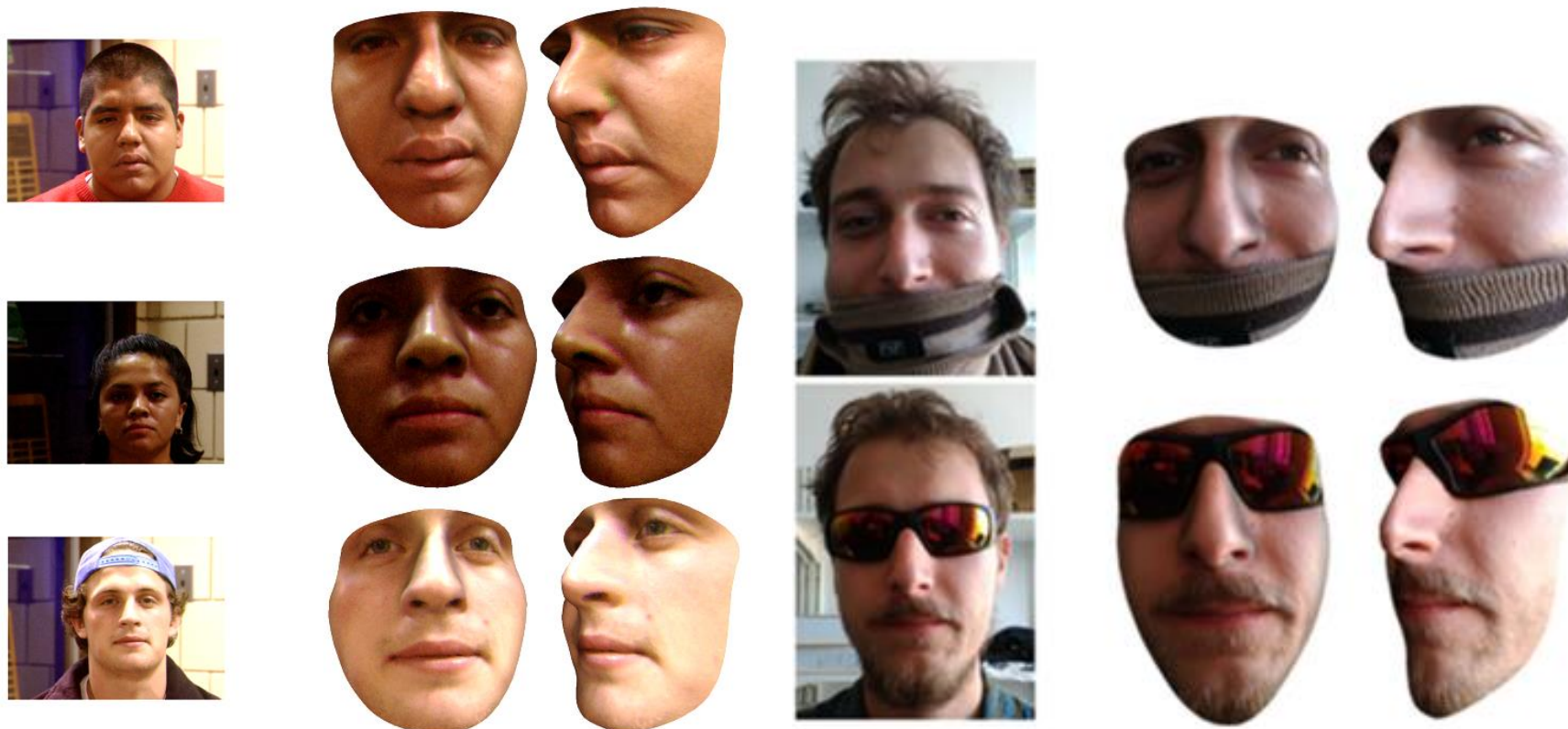


Fig. 13 Example of face reconstruction on images from FRGC [49] database, with input image and reconstructed face

Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

Dokumentace

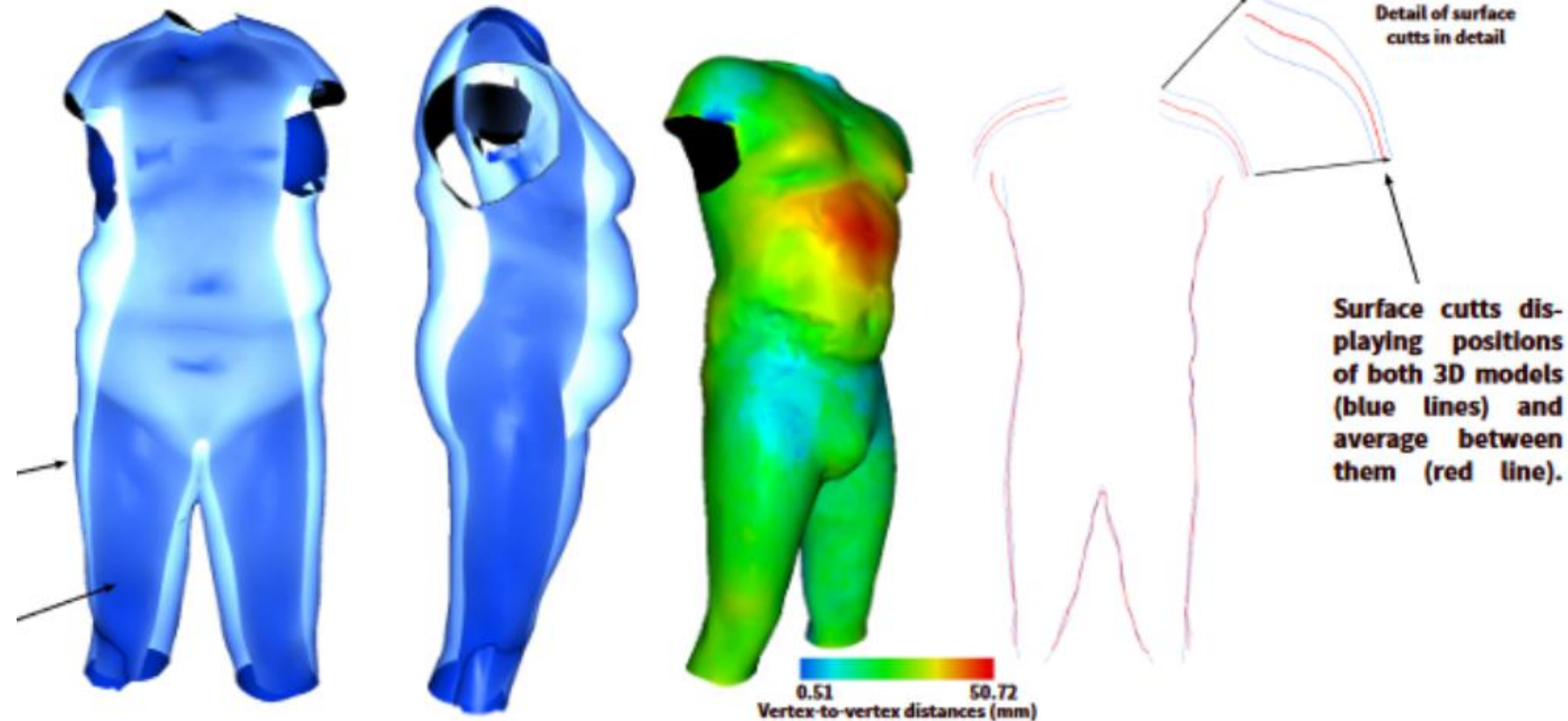
**Analýza**

Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)

# Využití virtuálních nástrojů ke kvantifikaci morfologie

Identifikace těla podle morfologie povrchu (Černý a Urbanová 2017)



Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

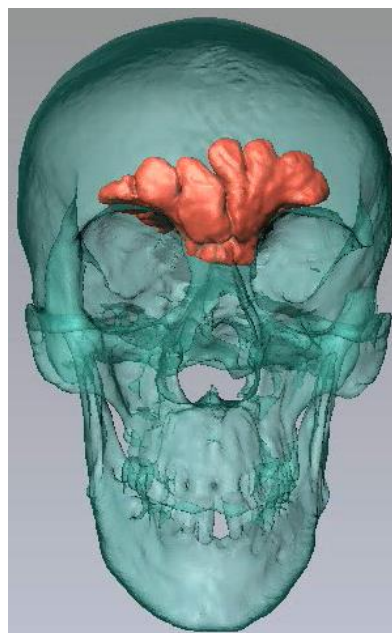
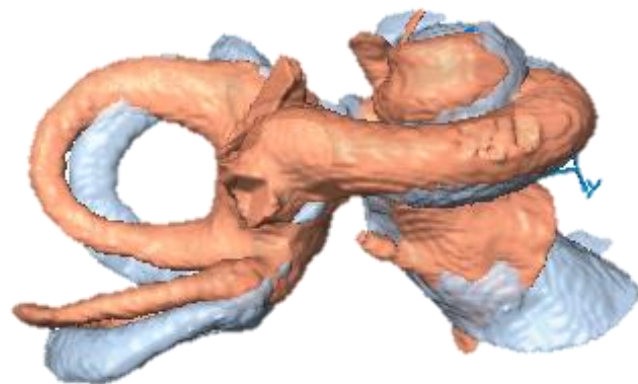
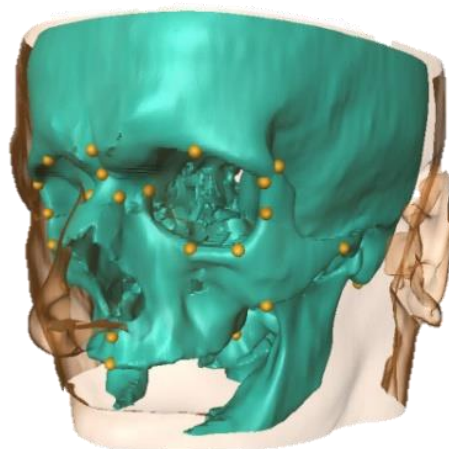
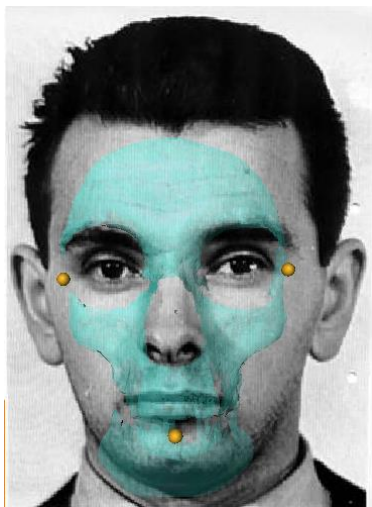
Dokumentace

**Analýza**

Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)

# Využití virtuálních nástrojů při řešení forenzních případů



Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

Dokumentace

**Analýza**

Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)

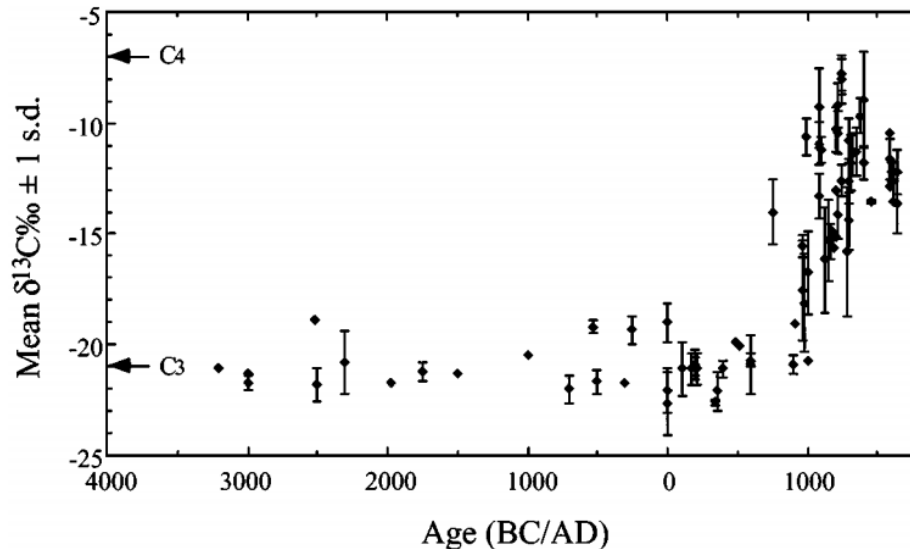


# Analýzy izotopů – populační a individuální migrační historie

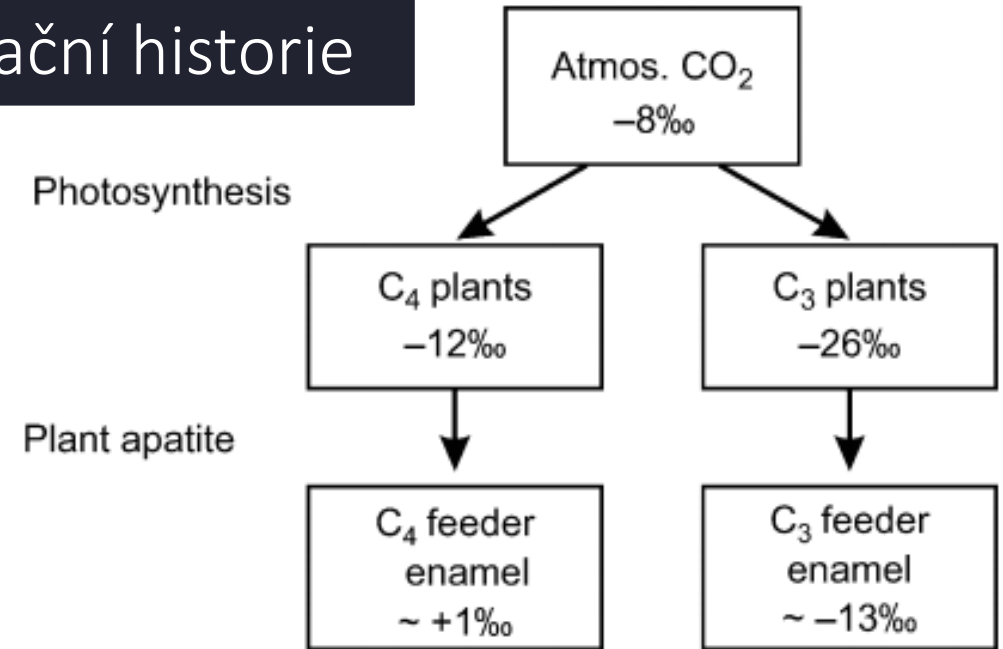
## $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$

- zdrojem variability u rostlin je fotosyntéza
- výše v potravním řetězci pak zabudování rostlinných izotopů do tkání konzumentů

Human Bone Collagen Carbon Isotope Ratios in Eastern North America



+  
mořské (ca -19‰), hodnoty více C4 vs. suchozemské



(Henke 2014)

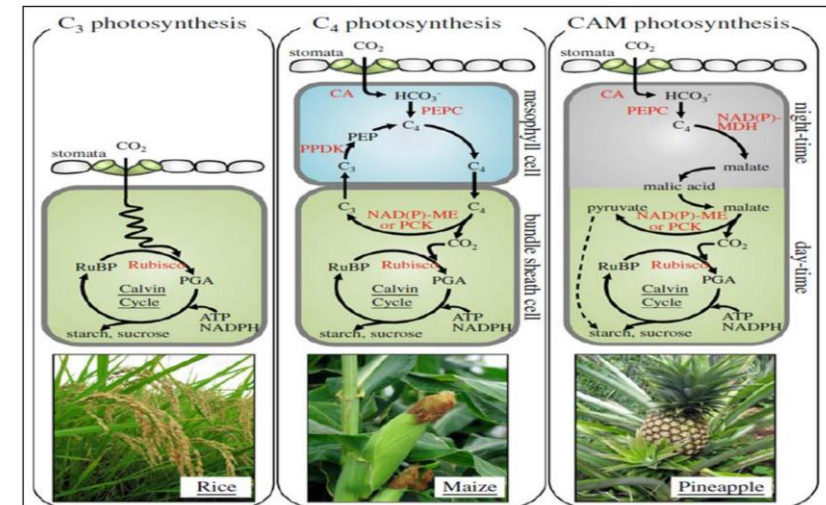
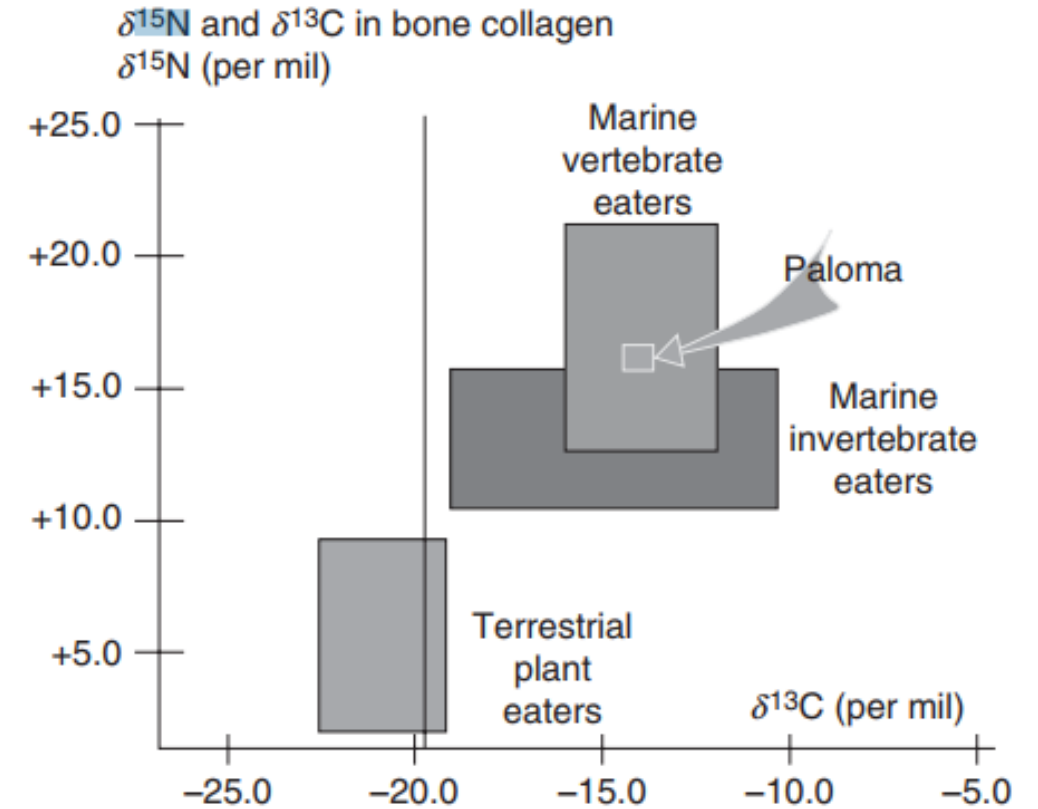


Fig 1: Pathway difference in C3, C4 and CAM plants. (Sources: Wataru Yamori 2013)

# Analýzy izotopů – populační a individuální migrační historie

## $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$

- vyšší koncentrace  $^{15}\text{N}$  s růstem pozice v potravní pyramidě
- vyšší koncentrace  $^{15}\text{N}$  v mořské potravě (a tedy i floře a fauně)
- **podíl mořské a sladkovodní potravy**
- **kojení a odstav**
- **dostupnost potravy v závislosti na postavení**



**Figure 10** Human bone carbon and nitrogen isotope levels for Paloma. Data from analysis by Michael J. DeNiro; figure by Ekaterina Pechenkina.

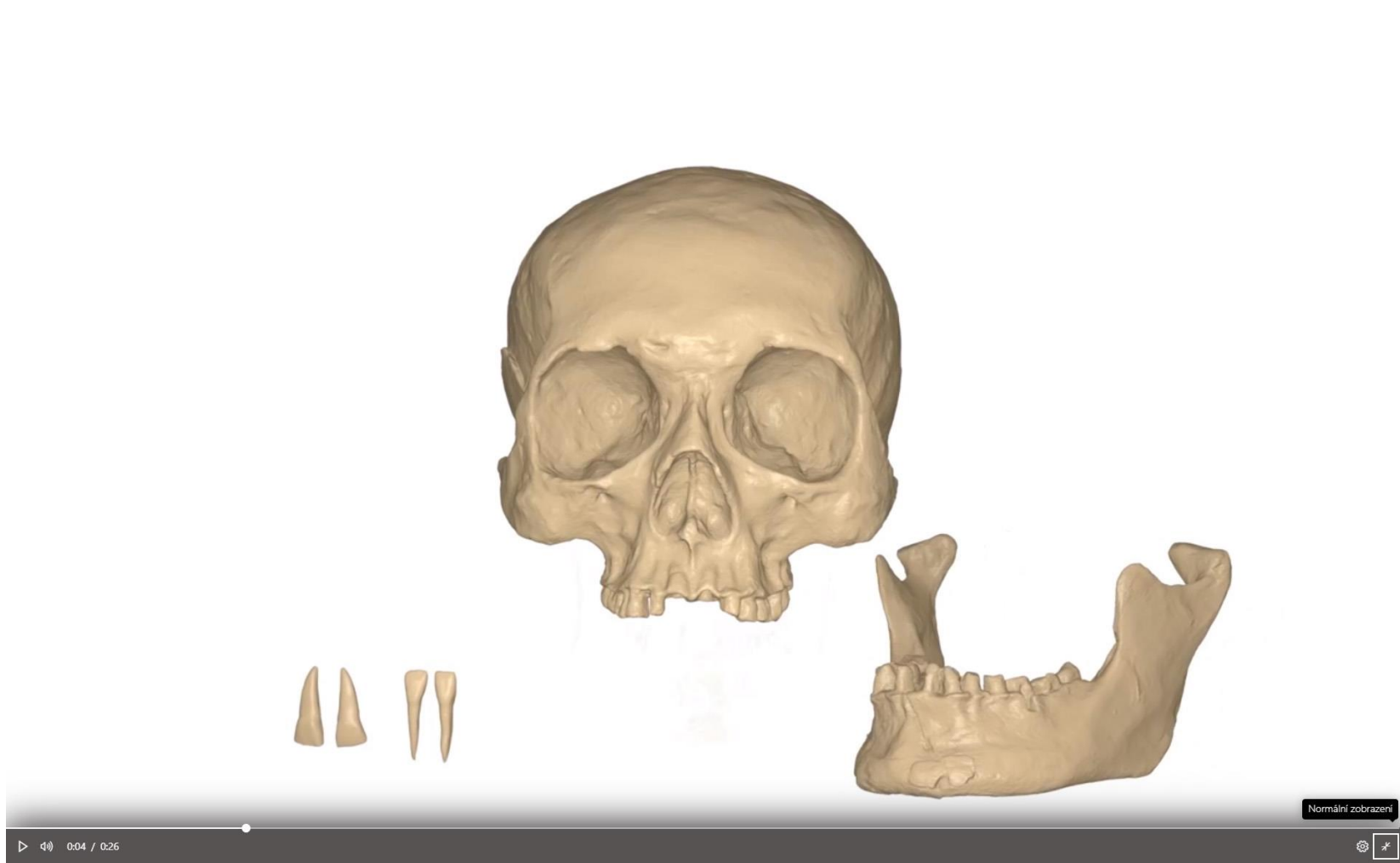
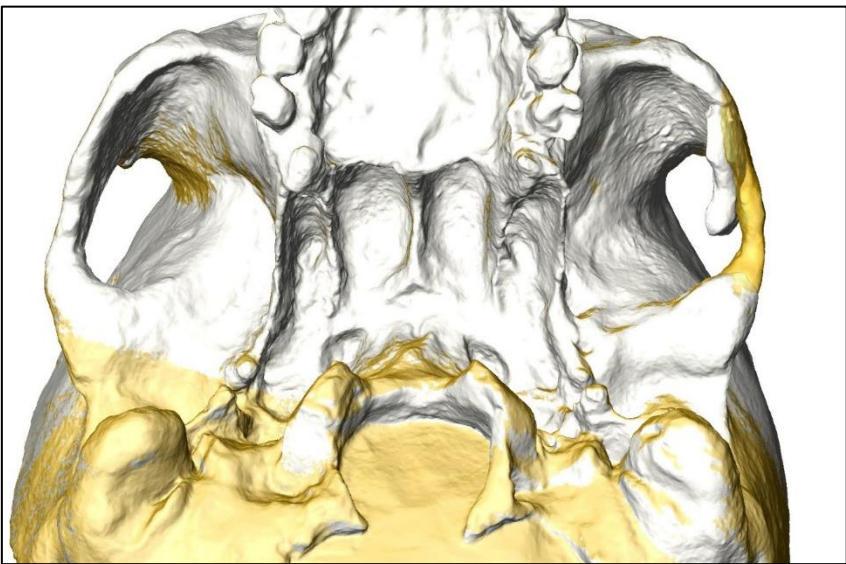
(Pearsall 2008)

# Virtuální rekonstrukce – Jošt Moravský (2016)

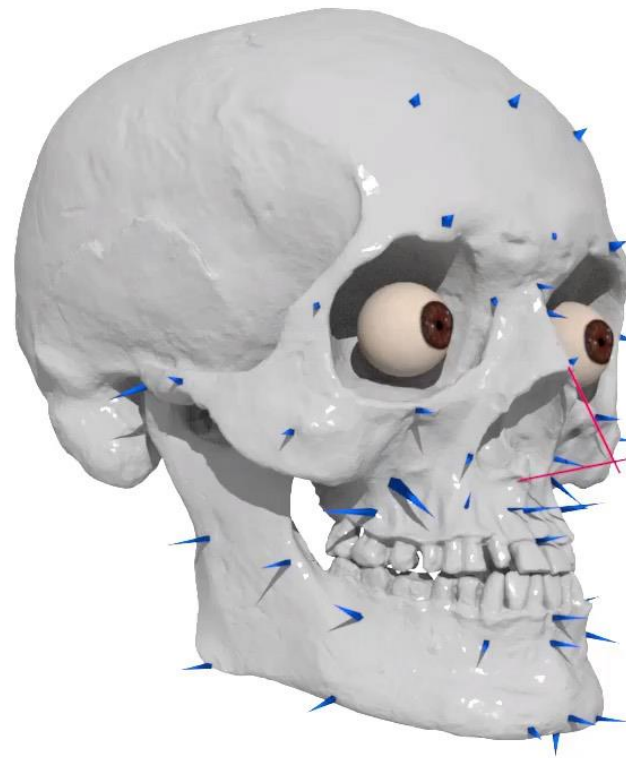




# Virtuální rekonstrukce – Jošt Moravský (2016)



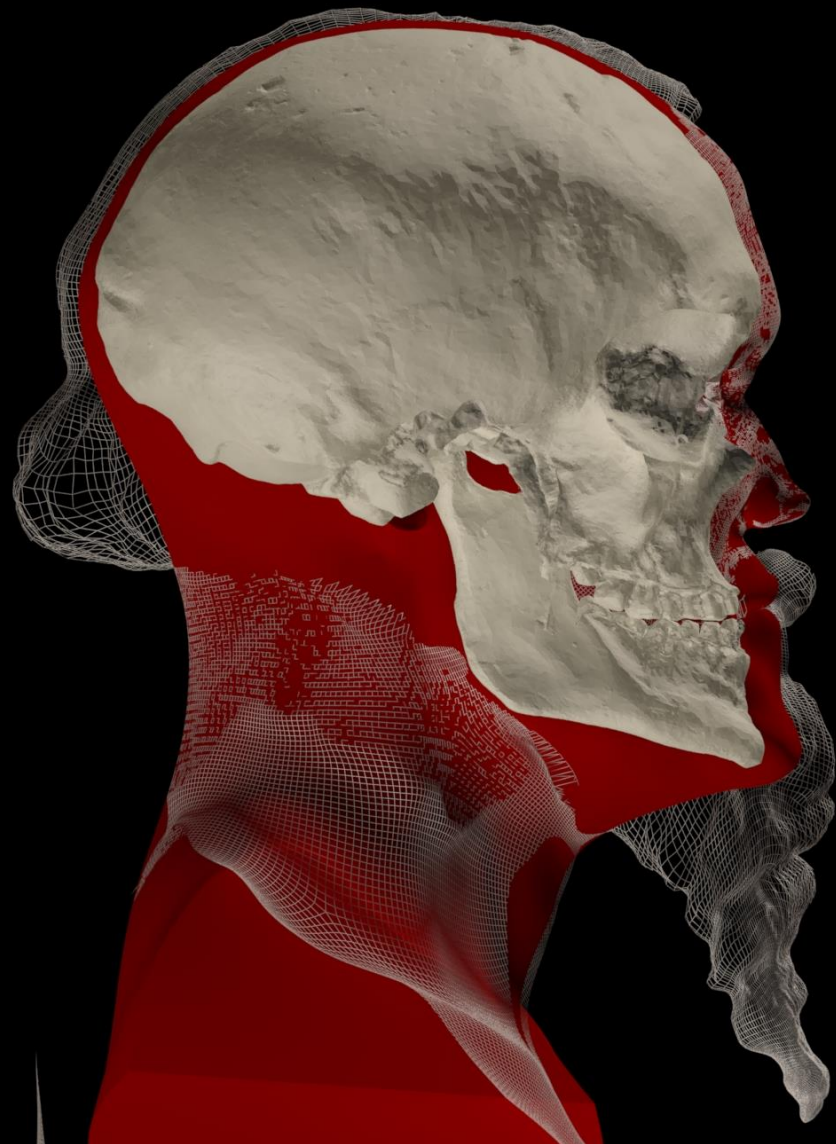
# Virtuální rekonstrukce – Jošt Moravský (2016)



Normální zobrazení



# Virtuální rekonstrukce – Jošt Moravský (2016)

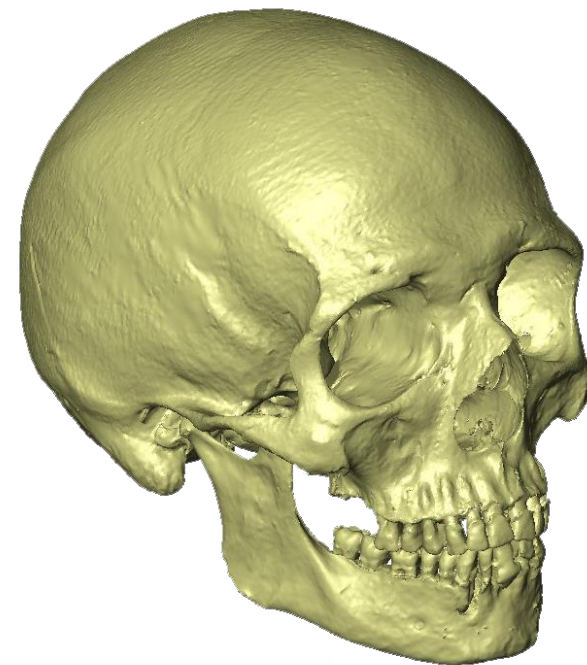
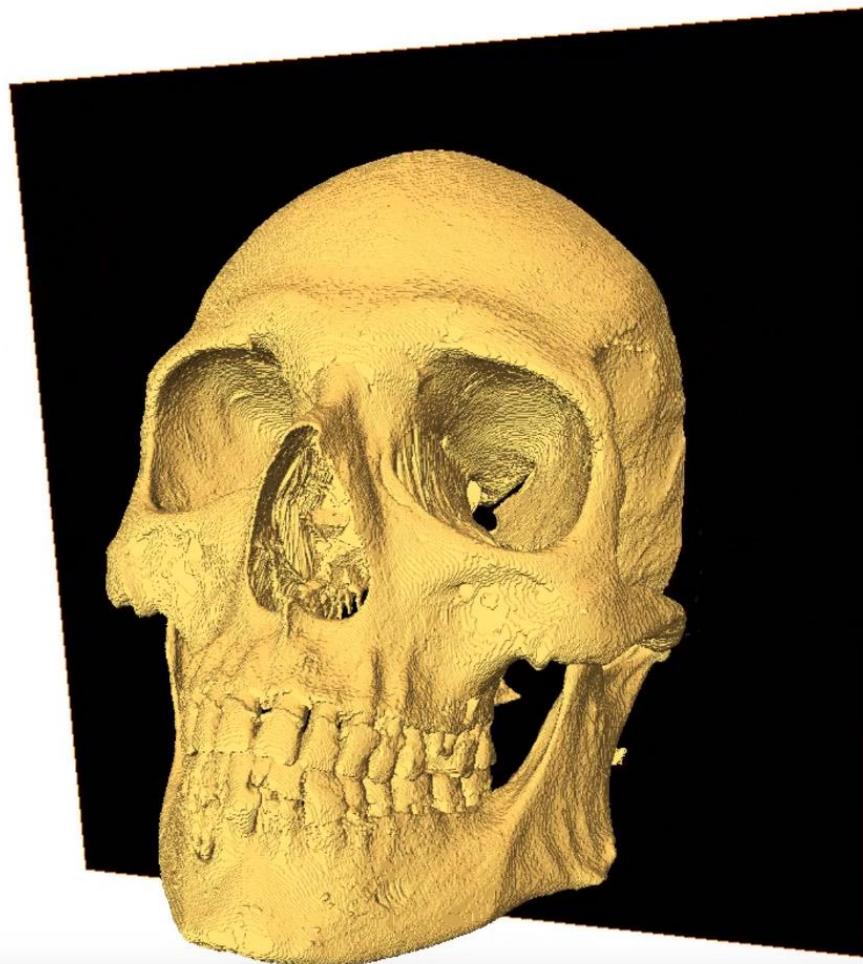
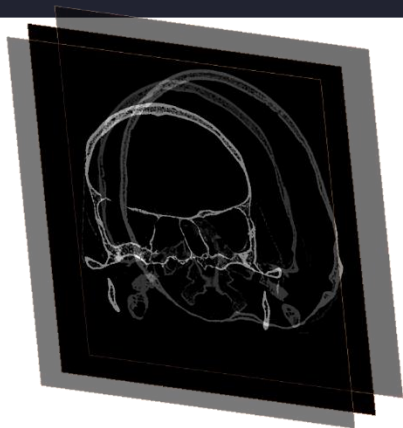




# Virtuální rekonstrukce – baron Trenck

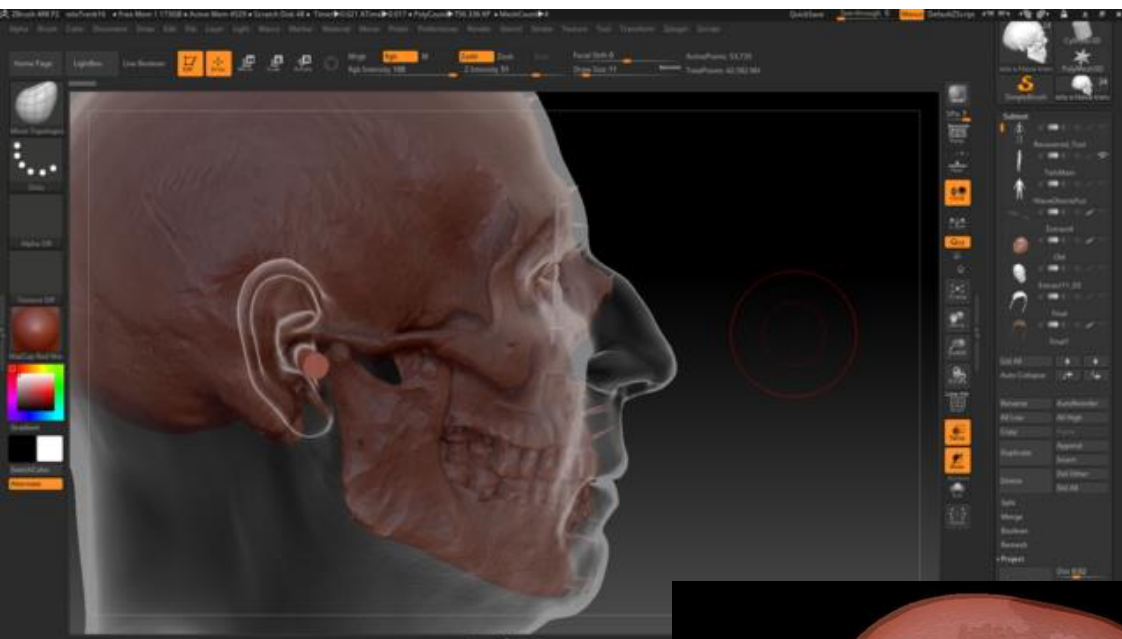


# Virtuální rekonstrukce – baron Trenck





# Virtuální rekonstrukce – baron Trenck

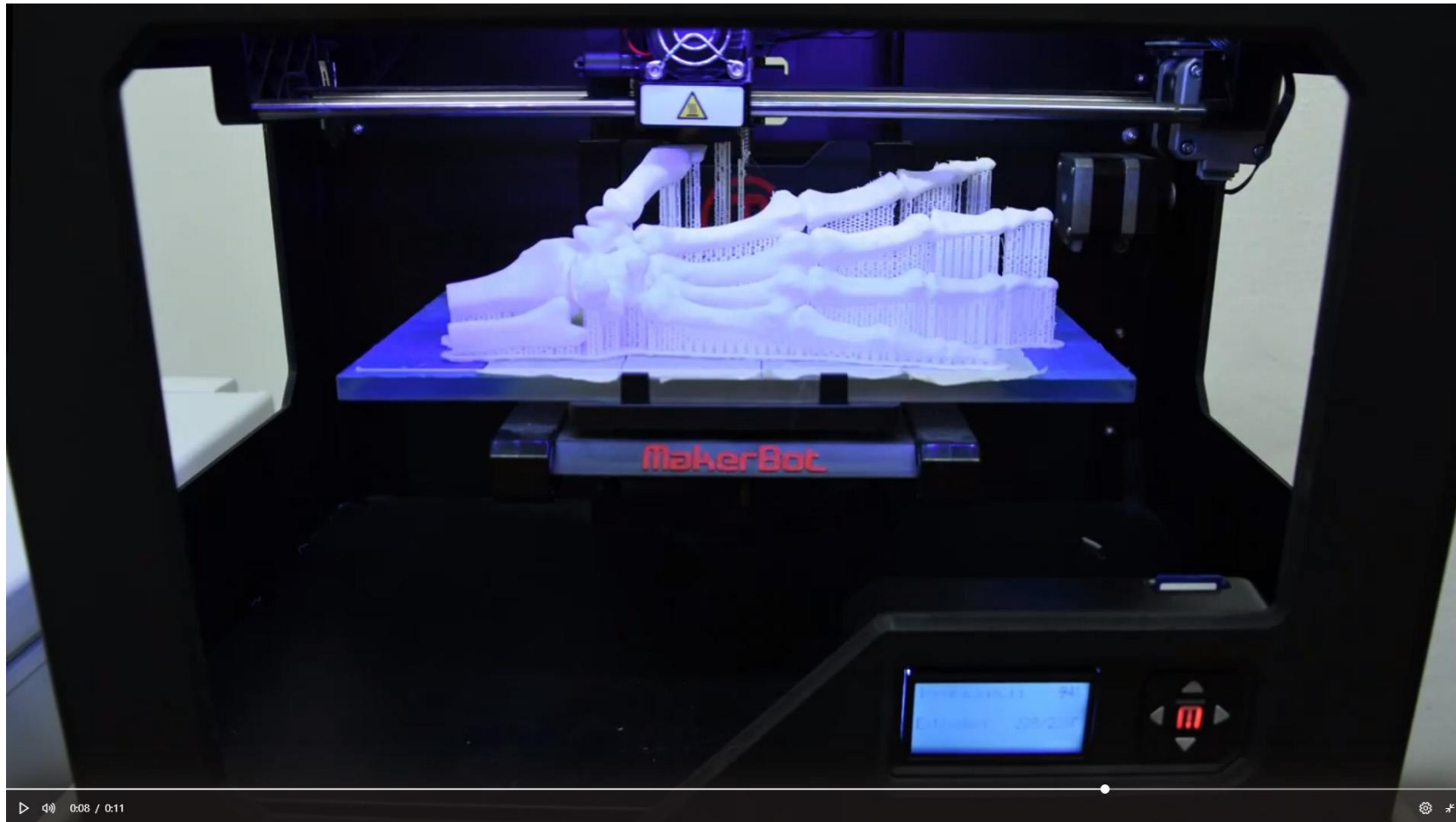




# Základní principy 3D tisku

Nejběžnější je metoda tzv. *Fused decomposition modeling* spočívající v postupném přidávání vrstev materiálu na sebe (aditivní výroba)

MakerBot 2 (LaMorFA) – termoplastický PLA



# Základní principy 3D tisku

## PLA (Polylaktid – polymer kyseliny mléčné)

- biologicky odbouratelný materiál
- začíná měknout při teplotách kolem 60°, tisk ca 230°
- zdravotně nezávadný

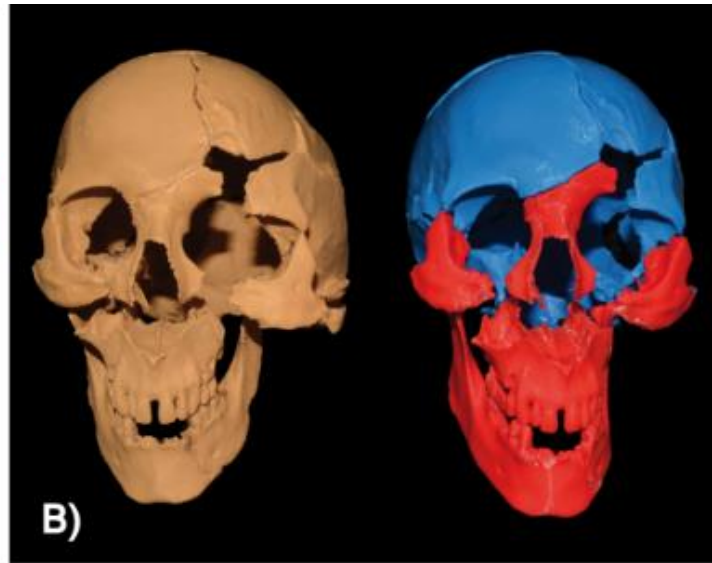


## ABS (Akrylonitrilbutadienstyren)

- odolný vůči vysokým (pevný do 105 stupňů) i nízkým teplotám a mechanickému poškození, nasákání, kyselinám, hydroxidům i tukům
- lego, dřevotříska, kojenecké lahve...



# 3D tisk v LaMorFA



vnitřní ucho



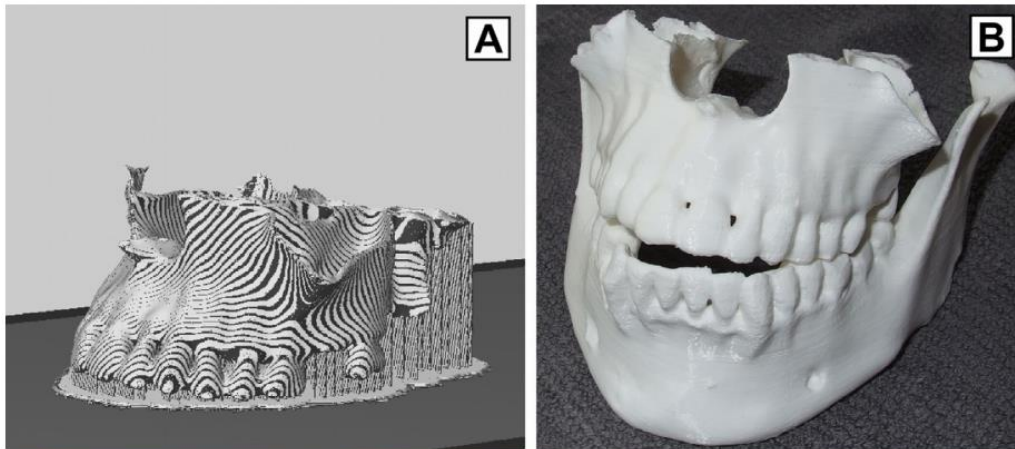
časlavská kalva





# 3D tisk v LaMorFA

## Využití 3D tištěných modelů pro rekonstrukci těl poškozených devastujícími zraněními



Legal Medicine 33 (2018) 48–52



Contents lists available at ScienceDirect

Legal Medicine

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/legalmed](http://www.elsevier.com/locate/legalmed)



Short Communication

Applying 3D prints to reconstructing postmortem craniofacial features damaged by devastating head injuries



Petra Urbanová<sup>a,\*</sup>, Tomáš Vojtíšek<sup>b</sup>, Jan Frišhons<sup>c</sup>, Ondřej Šandor<sup>d</sup>, Míkoláš Jurda<sup>a</sup>, Jan Krajsa<sup>b</sup>

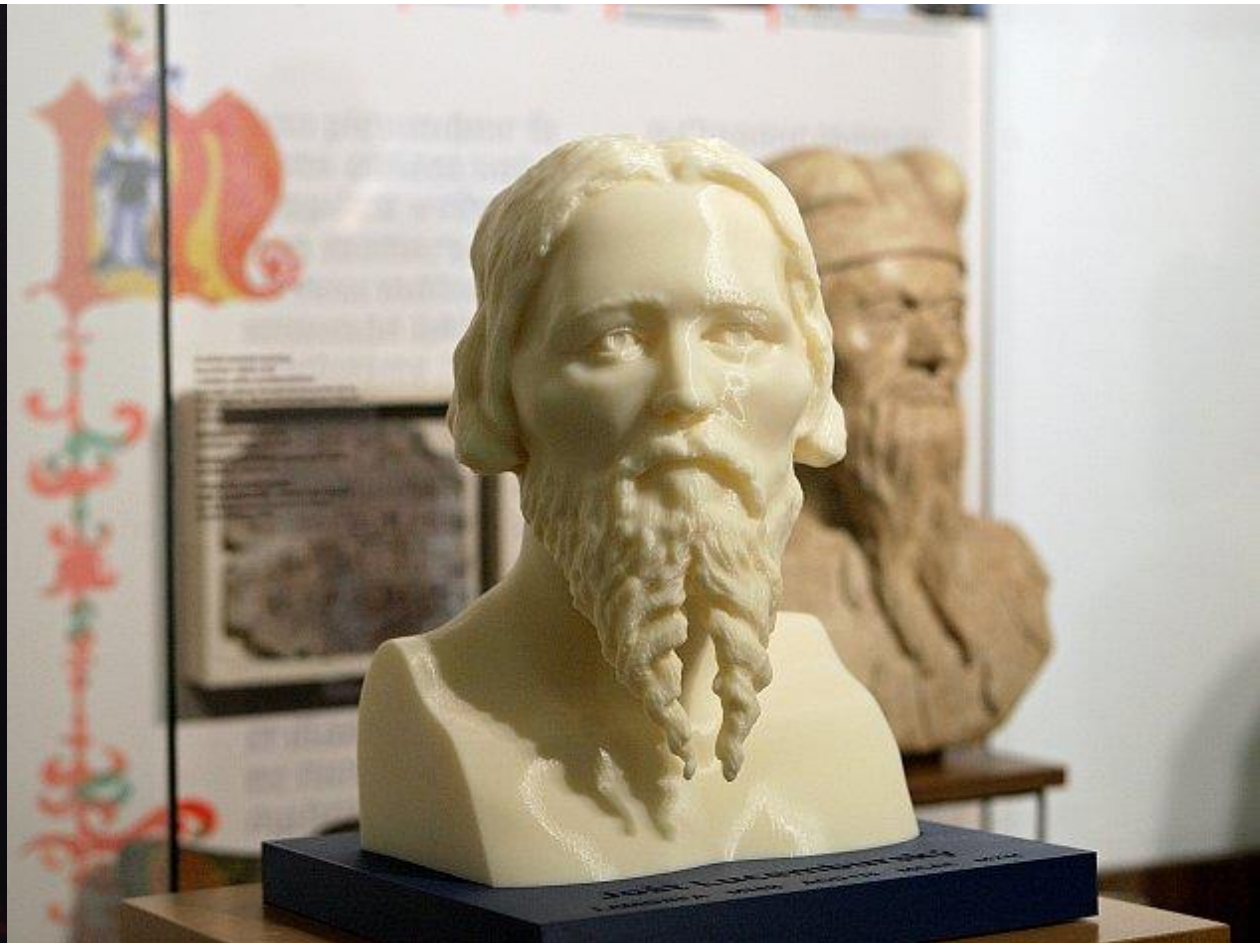
<sup>a</sup> Laboratory of Morphology and Forensic Anthropology, Department of Anthropology, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic

<sup>b</sup> Department of Forensic Medicine, Faculty of Medicine, Masaryk University, St. Anne's Faculty Hospital, Tvrđého 2a, 662 99 Brno, Czech Republic

<sup>c</sup> Department of Forensic Medicine, St. Anne's Faculty Hospital Brno and Faculty of Medicine, Masaryk University, Tvrđého 2a, Brno 662 99, Czech Republic

<sup>d</sup> Institute of Pathologic Morphology and Parasitology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno, Palackého třída 1946/1, Brno 612 42, Czech Republic

## 3D tisk v LaMorFA



3D výtisk busty Jošta (PLA)



## 3D tisk v LaMorFA



### **StrataSys J750**

- tloušťka vrstvy 14  $\mu\text{m}$
- > 500 000 barev, gradient průhlednosti a pevnosti





# Uložení a sdílení dat

Sbírký digitálních modelů bez nároků na prostor



Sbírka 72 lidských lebek

Ale nároky na zálohování digitálních dat

Název	Přípona	Velikost	Datum	Atributy	
[...]			<DIR>	09.06.2016 10.02	---
[UNIFESP_005]			<DIR>	09.06.2016 10.01	---
[UNIFESP_006]			<DIR>	09.06.2016 10.10	---
[UNIFESP_008]			<DIR>	09.06.2016 10.12	---
[UNIFESP_011]			<DIR>	09.06.2016 10.14	---
[UNIFESP_012]			<DIR>	09.06.2016 10.16	---
[UNIFESP_015]			<DIR>	09.06.2016 15.52	---
[UNIFESP_016]			<DIR>	10.06.2016 13.30	---
[UNIFESP_020]			<DIR>	08.06.2016 14.44	---
[UNIFESP_028]			<DIR>	08.06.2016 14.44	---
[UNIFESP_030]			<DIR>	09.06.2016 10.22	---
[UNIFESP_034]			<DIR>	09.06.2016 10.27	---
[UNIFESP_036]			<DIR>	09.06.2016 10.28	---
[UNIFESP_037]			<DIR>	09.06.2016 10.29	---
[UNIFESP_038]			<DIR>	04.06.2016 22.58	---
[UNIFESP_040]			<DIR>	19.06.2016 16.20	---
[UNIFESP_042]			<DIR>	09.06.2016 10.32	---
[UNIFESP_043]			<DIR>	21.07.2016 10.11	---
[UNIFESP_044]			<DIR>	09.06.2016 09.44	---
[UNIFESP_045]			<DIR>	09.06.2016 10.33	---
[UNIFESP_050]			<DIR>	09.06.2016 10.34	---
[UNIFESP_052]			<DIR>	09.06.2016 10.34	---
[UNIFESP_053]			<DIR>	21.07.2016 19.13	---
[UNIFESP_057]			<DIR>	09.06.2016 15.04	---
[UNIFESP_058]			<DIR>	09.06.2016 10.34	---
[UNIFESP_059]			<DIR>	03.06.2016 09.37	---
[UNIFESP_060]			<DIR>	09.06.2016 10.38	---
[UNIFESP_073]			<DIR>	09.06.2016 10.40	---
[UNIFESP_091]			<DIR>	09.06.2016 10.40	---
[UNIFESP_096]			<DIR>	09.06.2016 10.41	---
[UNIFESP_098]			<DIR>	09.06.2016 10.42	---
[UNIFESP_099]			<DIR>	06.06.2016 10.06	---
[UNIFESP_104]			<DIR>	06.06.2016 10.25	---
[UNIFESP_107]			<DIR>	09.06.2016 10.42	---
[UNIFESP_109]			<DIR>	09.06.2016 10.44	---
[UNIFESP_113]			<DIR>	09.06.2016 10.45	---
[UNIFESP_115]			<DIR>	06.06.2016 11.23	---
[UNIFESP_117]			<DIR>	09.06.2016 10.45	---
[UNIFESP_124]			<DIR>	03.06.2016 20.23	---
[UNIFESP_126]			<DIR>	09.06.2016 10.46	---
[UNIFESP_132]			<DIR>	09.06.2016 10.50	---
[UNIFESP_134]			<DIR>	21.07.2016 20.35	---



Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

Dokumentace

Analýza

Tvorba výstupů

Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)

# Uložení a sdílení dat

V případě kosterních pozůstatků je výhodou jejich maximální ochrana, v případě živých probandů například snížení časové náročnosti jejich výzkumu

Na všech úrovních možnost sdílet morfologii pozůstatků bez ohledu na geografickou vzdálenost



Dokumentace místa  
nálezu a vyzvednutí

Očištění (macerace)

Dokumentace

Analýza

Tvorba výstupů

**Uložení (pohřbení,  
tvorba sbírek,  
repatriace)**